

L'écrit de géologie

SUJET

LA GÉOLOGIE DE LA FRANCE À L'ÉCHELLE DU 1/1 000 000^e

A) De la sismique à la carte géologique

Sur le **document 1** sont localisés différents profils de sismique réflexion présentés dans les **documents 3 et 4**.

1 - Exposez rapidement les principes de la sismique réflexion ; vous préciserez également ce qu'est un réflecteur sismique.

2 - À partir des profils A, B, C (**document 3**), précisez quelles structures majeures peuvent être observées en sismique réflexion. Vous réaliserez une interprétation géologique (*localisation du Moho, de la croûte supérieure et inférieure, identification de failles, unités crustales, ensembles sédimentaires,...*) du profil B du document 3 (**à rendre avec la copie**).

3 - Retrouvez sur ces mêmes profils A, B, C, les grandes structures (*failles, grands ensembles géologiques,...*) identifiables en surface sur la carte de la France au millionième (**planche 1a, b et c**). Après avoir nommé ces structures, vous les localiserez sur la **planche 2 (à rendre avec la copie)**.

4 - Sur les profils D, E et F (**document 4**), identifiez les géométries sismiques observées (*nature des dépôts, type de sédimentation et/ou de géométries,...*).

5 - À l'aide de la carte géologique au millionième (**planche 1a, b, c**), des cartes des anomalies de Bouguer (**document 2**) et des interprétations précédentes, vous établirez, en argumentant vos réponses, quels sont les contextes géodynamiques et/ou géologiques des différentes régions traversées par les profils sismiques des **documents 3 et 4**.

B) De l'affleurement à la carte géologique

La **planche 3** regroupe des photographies de paysages et de roches caractéristiques de grandes régions géologiques en France métropolitaine (la localisation des photographies est reportée sur le document 1).

- À partir d'une analyse détaillée de la **planche 3**, couplée aux informations fournies par la carte géologique (**planche 1a et b**), indiquez quels types de contextes géologiques, géodynamiques, ou climatiques, peuvent être mis en relation avec ces photographies.

C) Les structures géologiques régionales d'après une coupe à l'échelle du millionième

Le **document 5** représente un extrait de la carte de France au millionième sur lequel sont reportées, le long du trait A - B, quelques grandes régions géologiques.

1 - Réalisez une coupe synthétique A – B, en faisant bien ressortir les grandes structures géologiques et la nature des contacts entre les différentes régions ou zones fléchées.

2 - D'après votre coupe et vos connaissances, expliquez la mise en place des unités indiquées par des flèches sur la carte, en précisant les époques de mise en place de la structure de ces différentes régions.

D) L'histoire d'une région d'après des données cartographiques et de terrain

Le **document 6** présente trois agrandissements (**A, B, C**) de la carte de France au millionième dans le bassin du Sud-Est, ainsi qu'un log synthétique de la région de Digne les Bains (**D**) et un schéma de l'évolution de la subsidence au Mésozoïque dans le bassin du Sud-Est (**E**).

- 1 - Définissez le type et le jeu éventuel des structures tectoniques visibles sur les agrandissements **A, B et C** du **document 6**.
- 2 - En vous aidant de la carte (**C**) et de la figure (**D**) du **document 6**, identifiez les principales lacunes de sédimentation et discordances qui affectent la région de Digne. Quelles en sont les causes ?
- 3 - D'après la **figure (D)**, et en vous appuyant sur les indications de faciès, déterminez brièvement l'évolution des milieux de sédimentations du Trias supérieur (*Keuper*) au Miocène.
- 4 - La figure (**E**) représente une courbe d'enfouissement au cours du temps donnant une indication de l'évolution de la subsidence dans le bassin. Quelles sont les causes possibles des variations de vitesse d'enfouissement indiquées par les trois flèches rouges ?
- 5 - À l'aide des documents de votre choix, et en vous aidant de vos interprétations précédentes et de vos connaissances, retracez l'histoire sédimentaire et tectonique de la région de Digne. Vous replacerez cette histoire par rapport aux grands événements géodynamiques susceptibles d'avoir eu des conséquences dans le sud-est de la France au cours des temps géologiques.

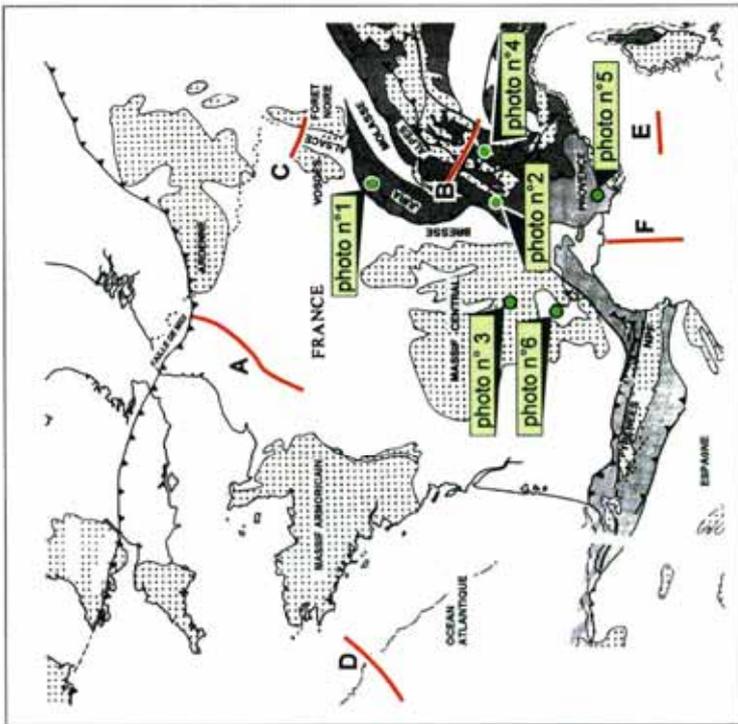
E) Conclusion : Les grandes étapes de l'histoire géologique de la France présentées à partir de la carte au millionième

- En utilisant l'ensemble ou une partie des documents fournis, présentez de façon synthétique (*deux à trois pages maximum*) les grandes étapes de l'histoire géologique de la France métropolitaine en suivant un plan chronologique. Pour illustrer les différents points de votre exposé, vous localiserez sur la **planche 2**, les grands ensembles géologiques que vous serez amené(e) à citer.

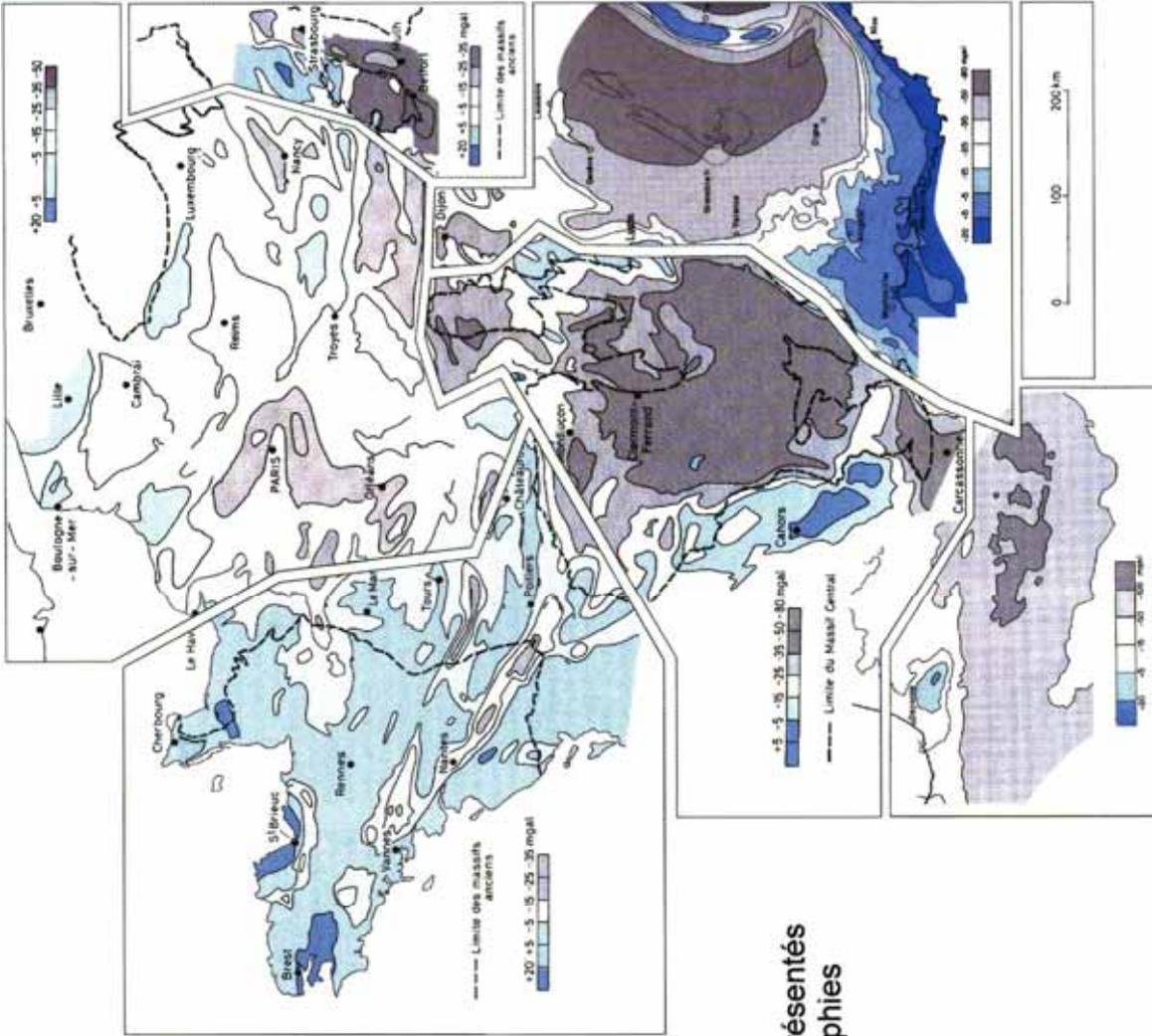
Le **document 3**, et éventuellement le **document 4**, ainsi que la **planche 2** sont à rendre avec la copie ou à coller sur celle ci.

Références bibliographiques

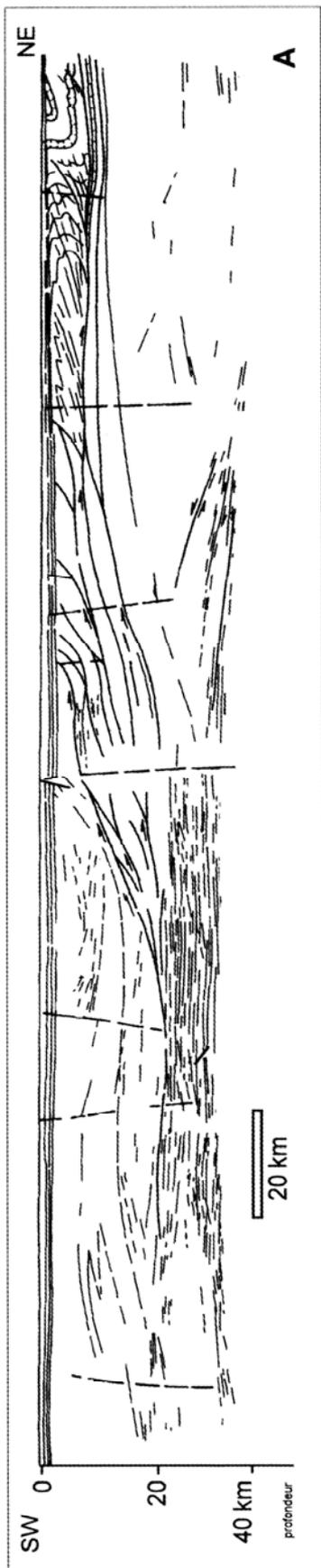
- BIJU-DUVAL B. (1974)** - Carte géologique et structurale des bassins tertiaires du domaine méditerranéen. Commentaires. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, XXIX, 5, p. 607-639.
- BOILLOT G., MONTADERT L., LEMOINE M. et BIJU-DUVAL B. (1984)** - Les marges continentales actuelles et fossiles autour de la France, *Masson ed.*, 342 p.
- BOILLOT G. et COULON C. (1998)** - La déchirure continentale et l'ouverture océanique. *Gordon & Breach Science Publishers*, 208 p.
- CURNELLE R et BOIS P. (1985)** - Évolution mésozoïque des grands bassins français : bassin de Paris, d'Aquitaine et du Sud-Est. *Bull. Soc. géol.*, France, 8, II, p.529-546
- DEBELMAS J. et G. MASCLE (1997)** - Les grandes structures géologiques. *Masson ed.*, 305 p.
- DERCOURT J., (2002)** - Géologie et Géodynamique de la France. *Dunod ed.*, 329 p.



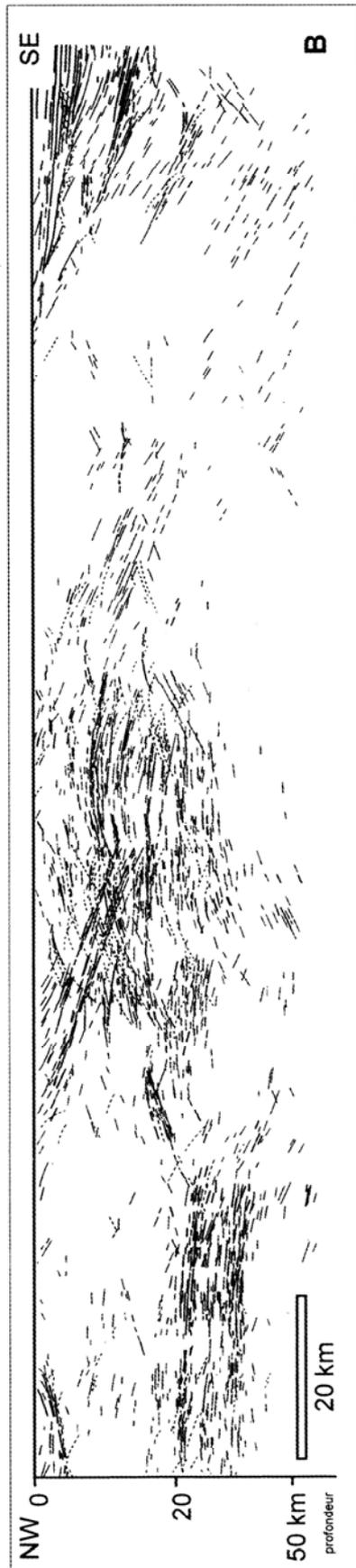
Document 1 : Localisation des profils sismiques représentés sur les documents 3 et 4 et localisation des photographies de la planche 3 (d'après Bois, 1993, modifié)



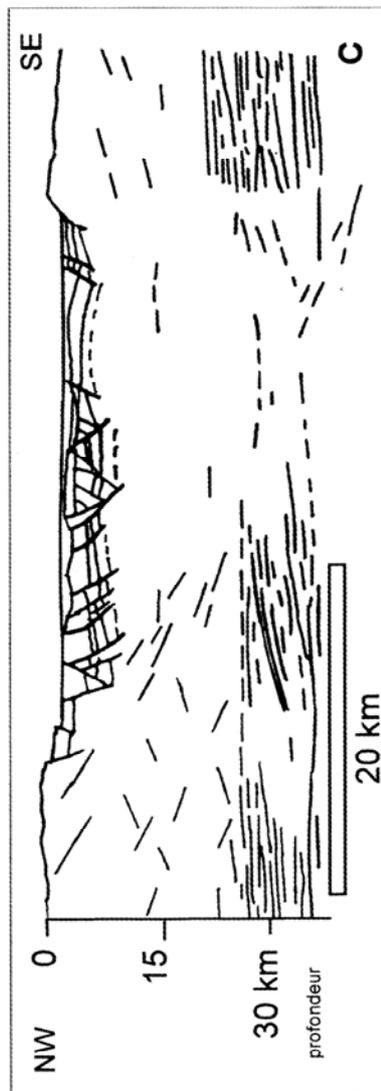
Document 2 : Extraits des cartes des anomalies de Bouguer (d'après Dercourt, 2002, modifié)



interprétation d'un profil sismique (d'après Dercourt, 2002)

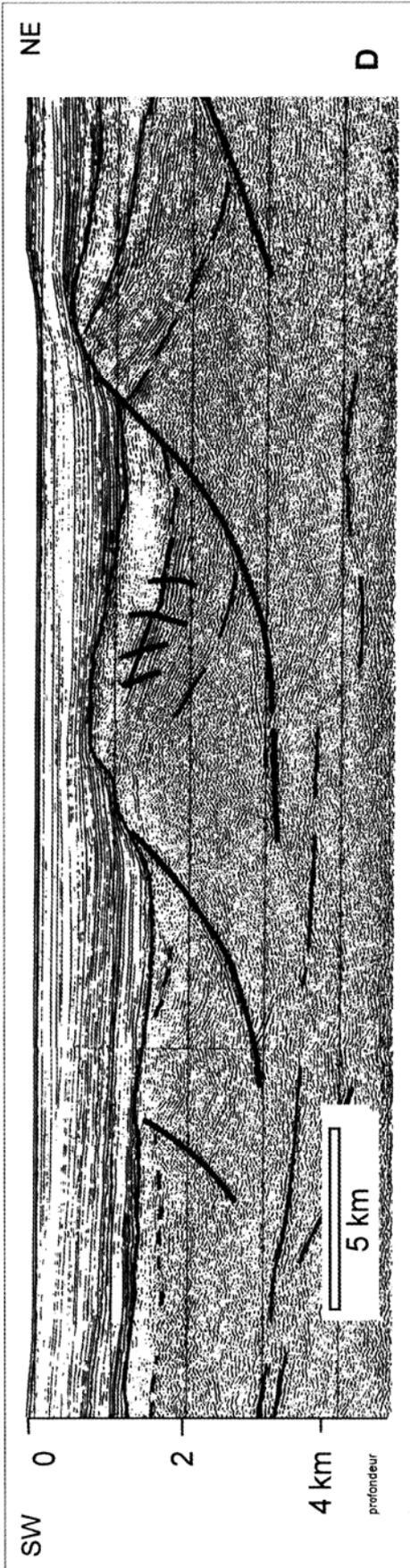


interprétation d'un profil sismique (d'après Nicolas et al., 1990)

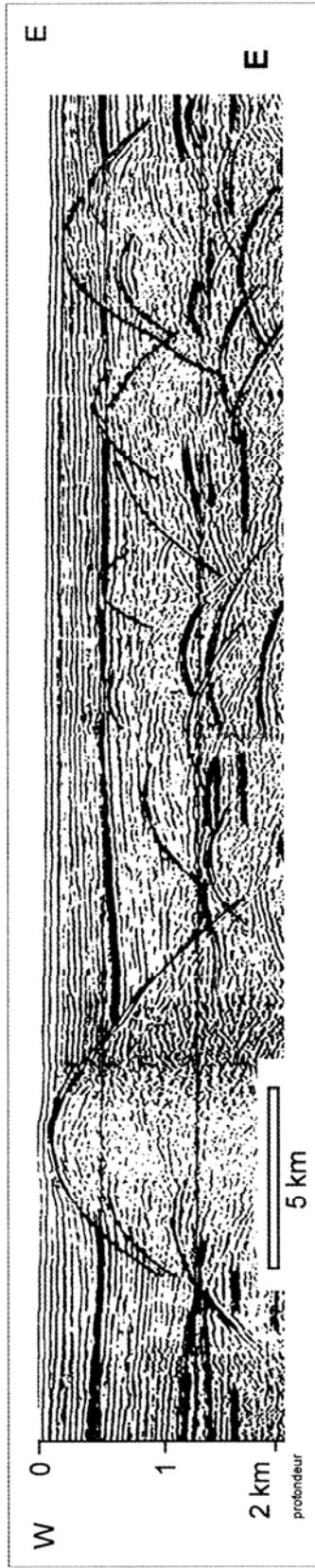


interprétation d'un profil sismique (d'après Debelmas et Mascle, 1997)

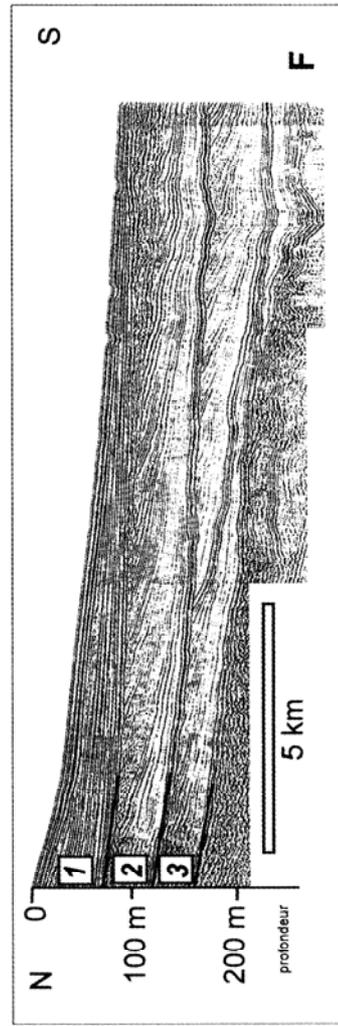
Document 3
à rendre avec la copie



profil sismique interprété (d'après Boillot et al., 1984)



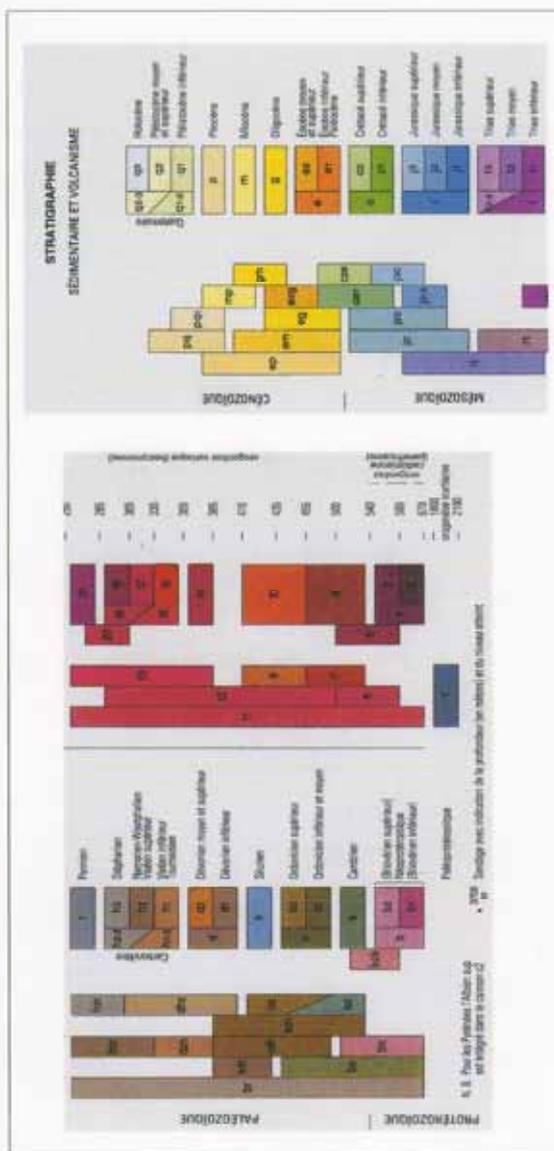
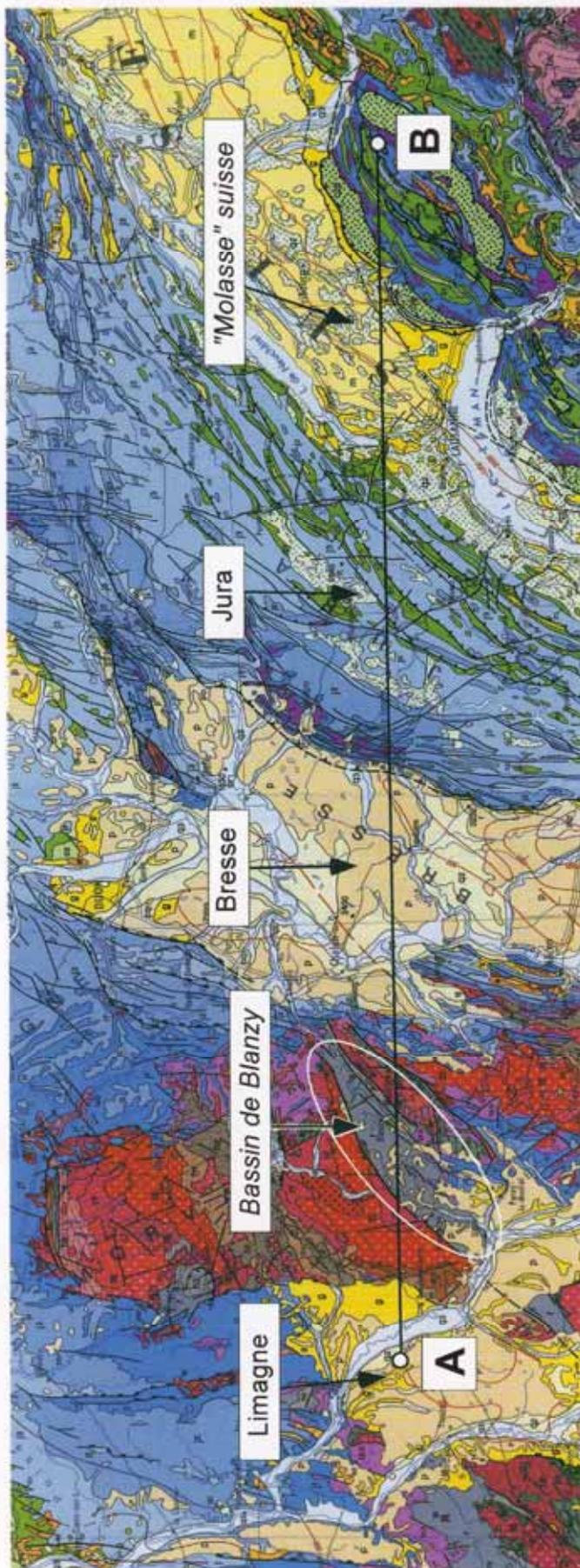
profil sismique (d'après Biju-Duval et al., 1974)



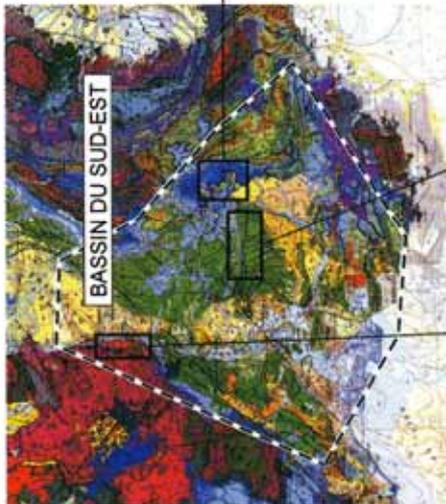
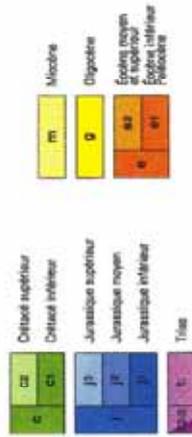
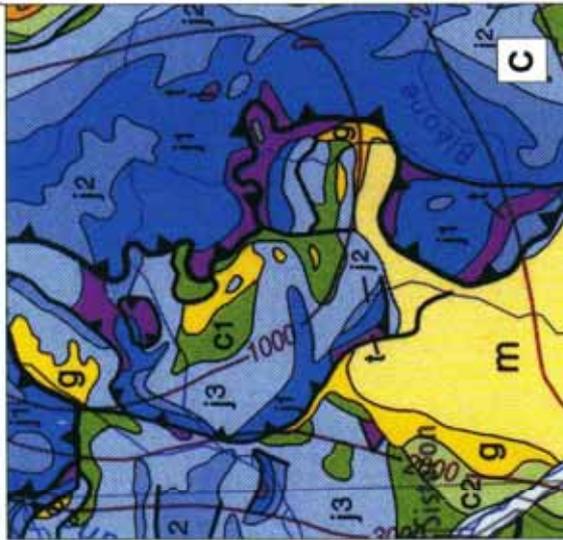
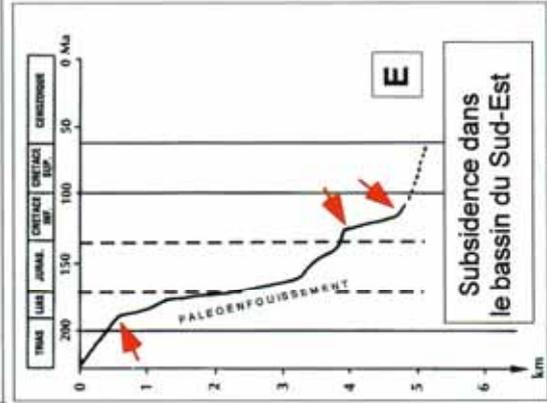
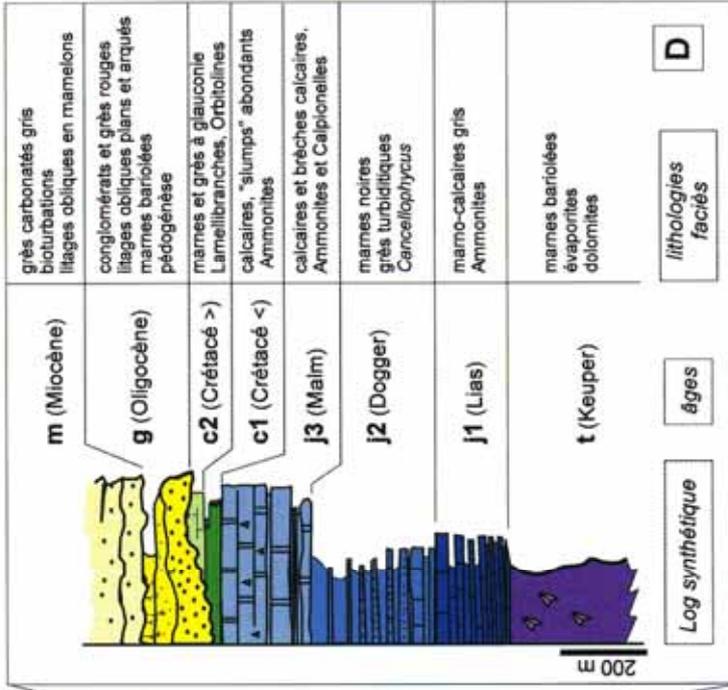
profil sismique interprété (d'après Boillot et Coulon, 1998)

- 1: dépôts post-glaciaires récents et actuels
- 2 et 3 : dépôts Pleistocènes

Document 4



Document 5 : Extrait de la carte géologique de la France à l'échelle de 1 / 1 000 000^e et de sa légende



(d'après Curmelle et Bois, 1985, modifié)

Planche 1a : Extrait de la carte géologique de la France (Nord) à l'échelle du 1 / 1 000 000 e

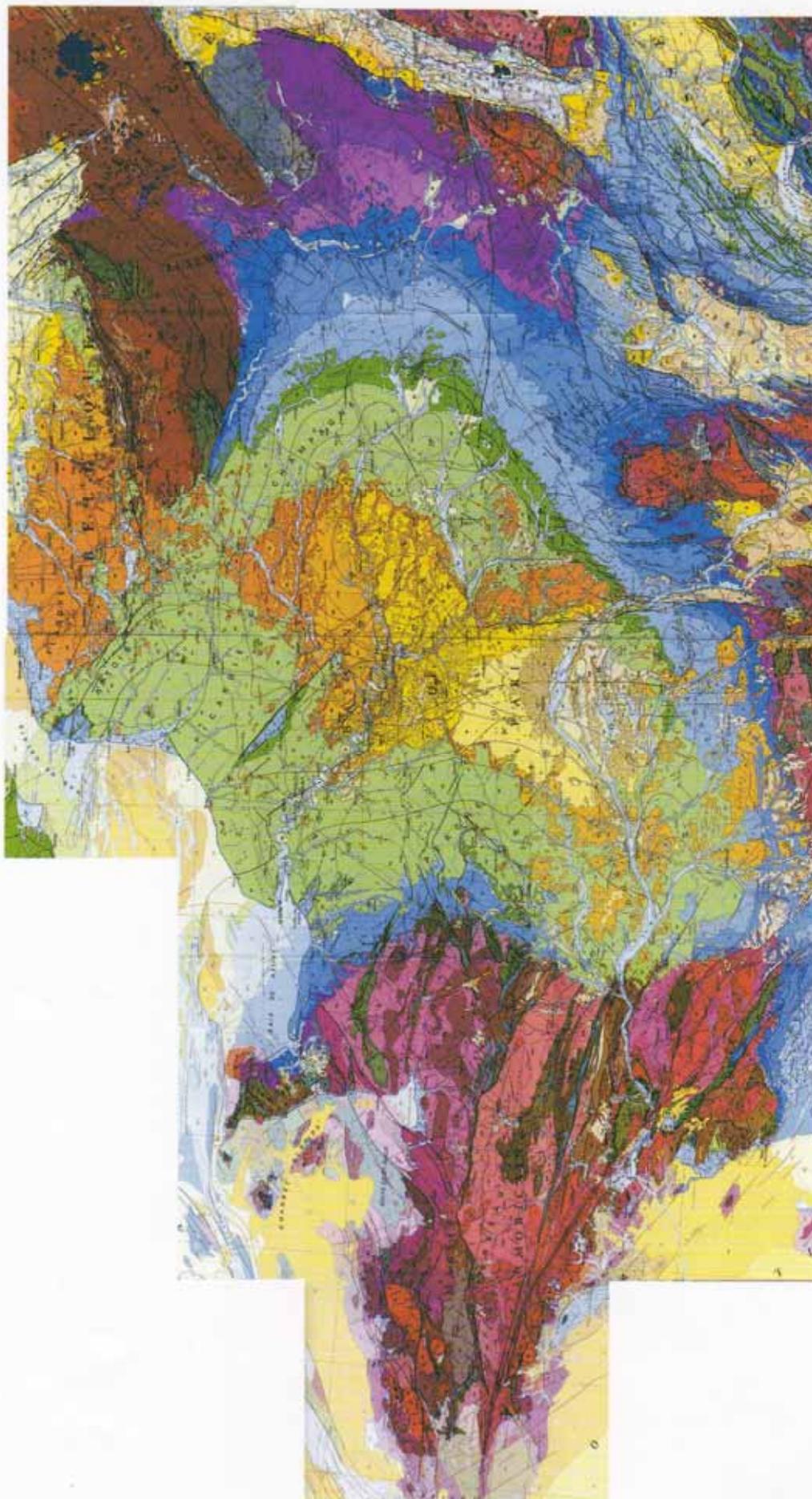
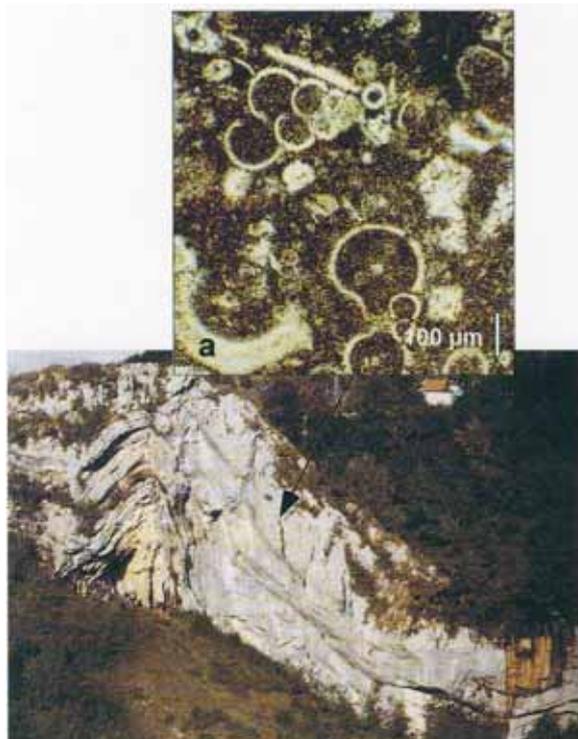




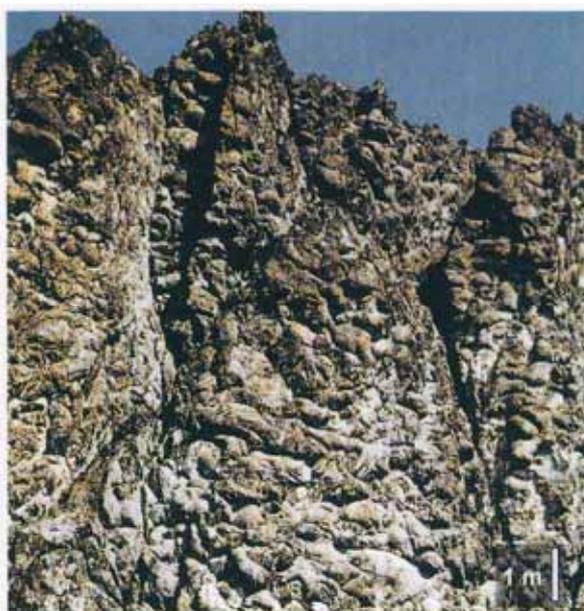
Planche 1b : Extrait de la carte géologique de la France (Sud) à l'échelle du 1 / 1 000 000 e



Planche 2 : Extrait de la carte géologique de la France à l'échelle du 1 / 1 000 000 e
à rendre avec la copie



photographie n°1



photographie n°4



photographie n°2



photographie n°5



photographie n°3



photographie n°6

Planche 3 : Photographies d'affleurements et microphotographies de roches

LA CORRECTION DU SUJET

Par une approche naturaliste, le sujet visait à aborder différents aspects de la géologie de la France, en s'appuyant sur la carte au 1/1 000 000^{ème} et sur de nombreux documents complémentaires. Les candidats devaient être capables non seulement de réaliser des observations et des interprétations sur des documents variés (*coupes sismiques, photographies, portions de cartes géologiques, courbe de subsidence, etc.*) mais également d'établir des liens avec les données cartographiques à l'échelle du millionième, lorsque cela était possible. Il leur fallait également, à plusieurs reprises, rédiger de courtes synthèses résumant différents aspects de l'histoire géologique de la France métropolitaine. Pour réaliser ce travail, les candidats devaient suivre le plan indiqué dans le sujet qui comportait quatre parties et une question de synthèse générale.

A) De la sismique à la carte géologique

Sur le **document 1** sont localisés différents profils de sismique réflexion présentés dans les **documents 3 et 4**.

1 - Exposez rapidement les principes de la sismique réflexion ; vous préciserez également ce qu'est un réflecteur sismique.

Les attentes du jury

Cette partie pouvait être traitée rapidement. Des schémas étaient les bienvenus et les notions importantes attendues étaient les suivantes :

° La définition de la sismique réflexion et son principe : il s'agit d'une méthode visant à obtenir des informations sur la structure du sous-sol en utilisant des ondes sismiques provoquées. Elle permet d'établir la géométrie des systèmes géologiques en profondeur. Son principe repose sur l'émission d'ondes élastiques depuis la surface (*vibration ou explosion*) qui sont réfléchies de manière plus ou moins intense en fonction des contrastes de densité, de porosité, des discontinuités mécaniques ou du contenu en fluides des roches rencontrées en profondeur. Les signaux réfléchis sont recueillis en surface par des séries de récepteurs en ligne (*géophones*). Connaissant la vitesse de propagation des ondes dans le milieu traversé et le temps de parcours source-récepteur, la profondeur des structures rencontrées est ensuite calculée.

° La notion de réflecteur : les réflecteurs apparaissent en noir sur les enregistrements et correspondent à des zones de forte réflexion (*roche à forte impédance acoustique, ou fort contraste entre deux types de roches, ou encore discontinuités sédimentaires associées à des cimentations*).

Quelques aspects complémentaires pouvaient faire l'objet de points de bonification.

- La notion de temps double ainsi que la présentation des différents paramètres sismiques : l'impédance acoustique (ρv) qui varie suivant la nature des roches, la cimentation, la porosité, etc., le coefficient de réflexion (contraste d'impédance entre deux roches $(\rho_1 v_1 - \rho_2 v_2) / (\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2)$).

- La différence entre sismique "classique" et haute résolution : les fréquences utilisées conditionnent la "pénétration" de la sismique depuis 40 à 80 Hz pour la sismique "classique" (résolution faible — de l'ordre de la dizaine de mètres — mais de forte pénétration de plusieurs km) jusqu'à 2,5 - 3,5 kHz pour la sismique haute résolution (peu pénétrative — quelques dizaines de mètres — mais montrant des détails centimétriques).

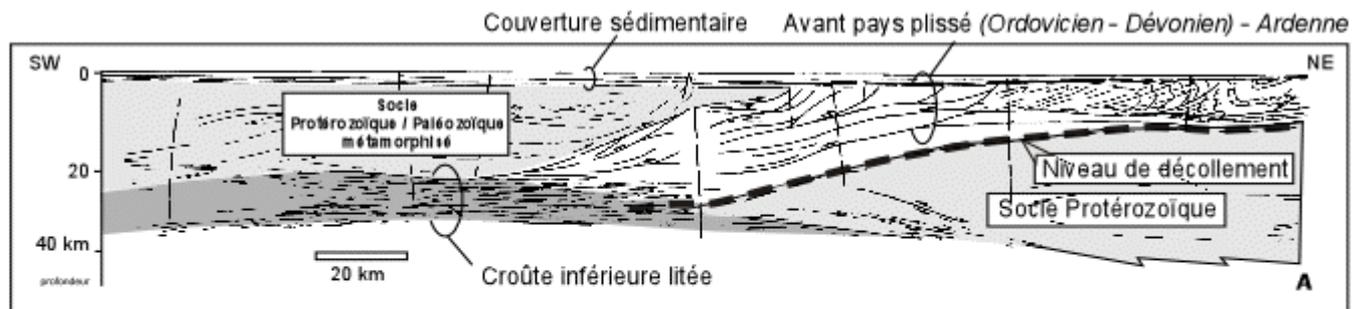
Les prestations des candidats

Cette première partie a été relativement bien traitée mais parfois très partiellement (notion de réflecteur non abordée ou présentation de la sismique marine uniquement, paramètres des roches qui peuvent agir sur les réflexions d'ondes non précisés). Quelques erreurs importantes peuvent néanmoins être signalées : confusion entre sismique et sismologie, sismique réalisée à partir de satellites, etc.

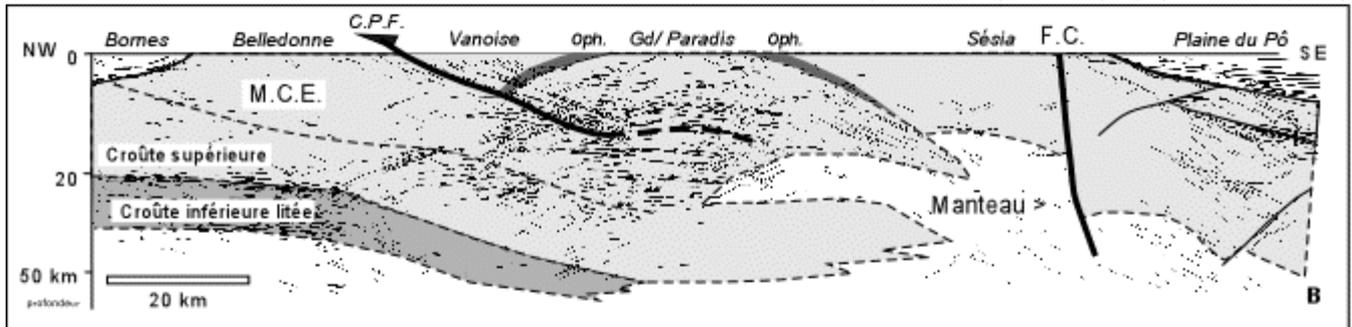
2 - À partir des profils A, B, C (**document 3**), précisez quelles structures majeures peuvent être observées en sismique réflexion. Vous réaliserez une interprétation géologique (localisation du Moho, de la croûte supérieure et inférieure, identification de failles, unités crustales, ensembles sédimentaires,...) du profil B du document 3 (à rendre avec la copie).

Les attentes du jury

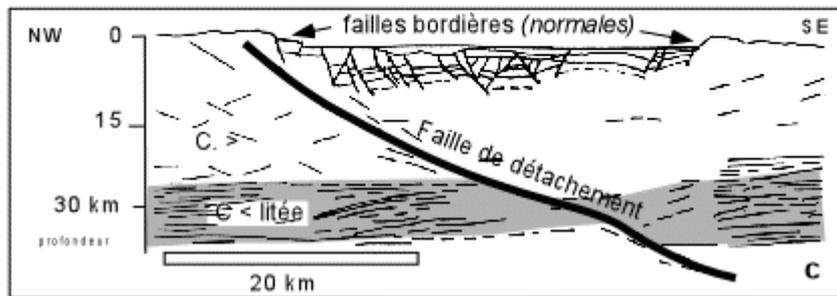
Il s'agissait de repérer dans un premier temps des structures géologiques au sens large (ensembles sédimentaires, structures tectoniques, unités crustales, etc.) sur des profils sismiques. On pouvait distinguer (voir document n° 3 corrigé) :



interprétation d'un profil sismique (d'après Dercourt, 2002)



profil sismique (d'après Nicolas et al., 1990)



interprétation de profil sismique (d'après Debelt et Masle, 1997)

Document 3

° Des unités sédimentaires. Elles sont repérables sur le profil **(A)** à proximité de la surface. Il s'agit d'une série de réflecteurs parallèles développés sur une faible épaisseur (*quelques kilomètres*) représentant les sédiments stratifiés mésozoïques et cénozoïques.

° De grandes unités structurales et des discontinuités. Sur les profils **(A), (B) et (C)**, les zones "transparentes" correspondent à des unités de croûte supérieure rigide et les zones litées entre 20 et 40 Km de profondeur caractérisent la croûte inférieure litée. Sur ces mêmes profils, les limites croûte < / croûte > et croûte / manteau peuvent également être soulignées.

° Des structures tectoniques. Sur le profil **(A)**, des cisaillements crustaux et un niveau de décollement enraciné en profondeur au niveau de la croûte inférieure litée (*base de l'Ardenne*) étaient visibles. Sur le profil **(B)**, il fallait au moins reconnaître le chevauchement Pennique frontal, et sur le profil **(C)**, une grande faille de détachement. On pouvait également reconnaître la structure en nappe (profil **A**) de la série ardennaise (*Cambrien à Dévonien*) décollée au dessus d'un contact d'angle faible à une dizaine de kilomètres de profondeur.

Dans un second temps un habillage du profil (B) des Alpes était demandé et les informations qui devaient y figurer étaient les suivantes :

° La localisation du Moho, des croûtes inférieure litée et supérieure pauvre en réflecteurs, l'épaississement crustal et le poinçonnement par le manteau, le chevauchement Pennique frontal enraciné en profondeur, les principaux domaines des Alpes (*chaînes sub-alpines, massifs cristallins externes, Briançonnais/Vanoise, massifs cristallins internes, plaine du Pô*). On pouvait également indiquer, bien que cela ne soit pas observable directement sur ce profil (*mais important pour la compréhension de la structure de la chaîne*), la "ligne de Canavèse" et la limite zone de Sesia de la plaine du Pô et l'emplacement des ophiolites.

Les prestations des candidats

Concernant l'identification de structures majeures visibles en sismique réflexion les candidats ont souvent placé correctement le Moho et plus rarement les limites entre les croûtes supérieure et inférieure. L'habillage géologique du profil B reste pauvre et il est assez désolant de constater que peu de candidats ont su repérer le chevauchement Pennique frontal, dessiner (même sommairement) les écailles crustales à l'origine de l'épaississement, ou encore souligner le plongement (subduction) de la croûte inférieure vers l'Est..

3 – Retrouvez sur ces mêmes profils A, B, C, les grandes structures (*failles, grands ensembles géologiques,...*) identifiables en surface sur la carte de la France au millionième (**planche 1a, b et c**). Après avoir nommé ces structures, vous les localiserez sur la **planche 2 (à rendre avec la copie)**.

Les attentes du jury

Cette question pouvait être traitée très rapidement. Il s'agissait de reconnaître :

Sur le profil **A** (Bassin de Paris), la faille du Midi (*chevauchement enraciné à la base de la croûte et niveau de décollement*), sur le profil **B** (Alpes) le chevauchement Pennique frontal et les zones des Alpes, sur le profil **C** (fossé rhénan) les deux failles normales délimitant le fossé. Les structures devaient être localisées correctement sur la planche 2.

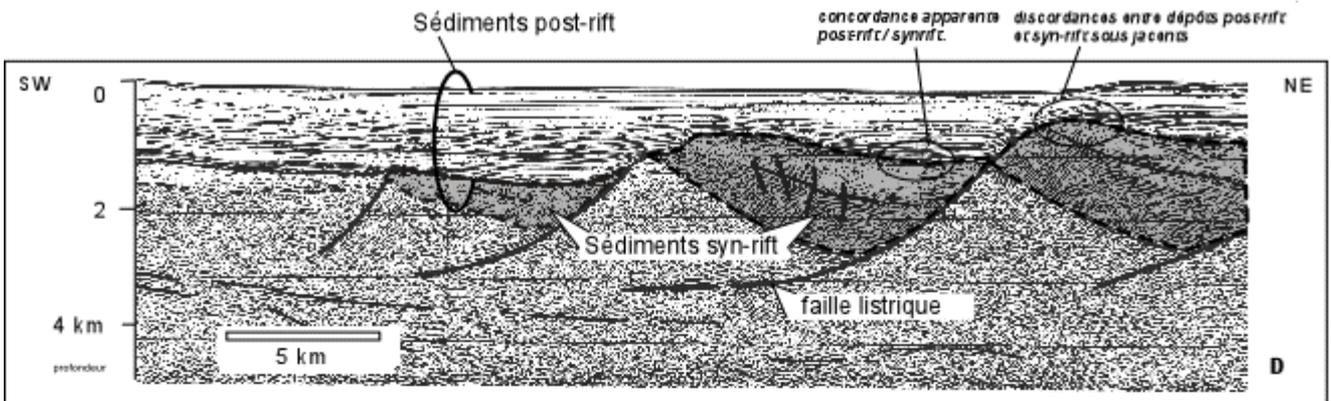
Des points de bonification ont été attribués lorsque les candidats ont correctement habillé les deux profils A et C, afin d'illustrer leur propos.

4 - Sur les profils D, E et F (**document 4**), identifiez les géométries sismiques observées (*nature des dépôts, type de sédimentation et/ou de géométries, ...*).

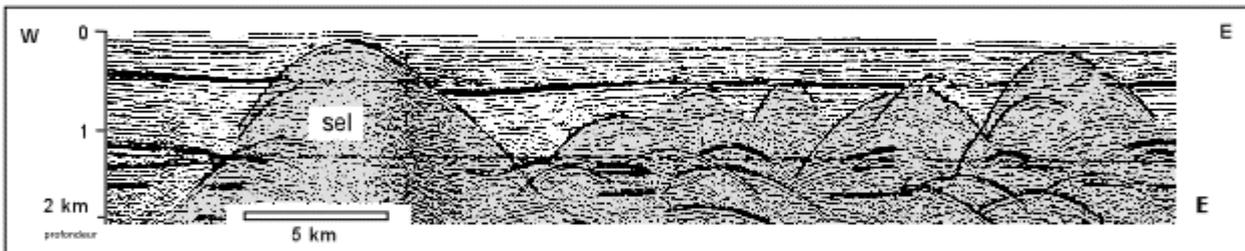
Les attentes du jury

Là encore la question devait être traitée rapidement dans la mesure où il s'agissait uniquement d'observer et de reconnaître des structures sans entrer dans le détail de leur interprétation (voir document n° 4 corrigé).

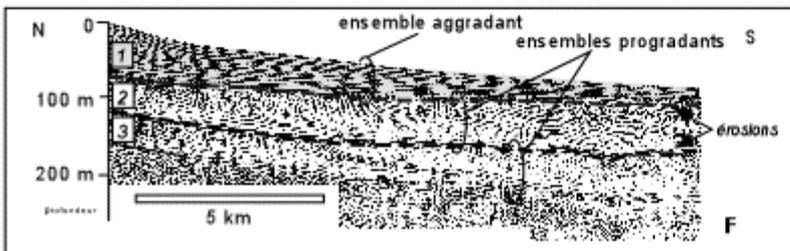
° Sur le profil **D** (*Marge armoricaine*) on peut reconnaître : des failles listriques, des sédiments "syn-rift" en éventail et des sédiments post-rift en concordance apparente dans les fonds de blocs basculés et en discordance sur les têtes de blocs. Sur le profil **E** (*Méditerranée*) sont observés des dômes de sels dans les sédiments (*recouvrement des réflecteurs*). Sur le profil **F** (*au large de l'embouchure du delta du Rhône*) deux géométries progradantes (**2** et **3**) et une aggradante (**1**) ainsi que des surfaces érosives peuvent être identifiées.



profil sismique interprété (d'après Boillot et al., 1984)



profil sismique (d'après Biju-Duval et al., 1974)



profil sismique (d'après Boillot et Coulon, 1998)

1: dépôts post-glaciaires récents et actuels
2 et 3 : dépôts Pléistocènes

Les prestations des candidats

Les documents D et E n'ont pas posé trop de problèmes aux candidats. Environ 40% d'entre eux ont su identifier les failles listriques et les différents types de sédiments (syn-rift, post rift, etc.), ou encore les dômes de sel. Néanmoins, parmi les erreurs rencontrées, les dômes de sel ont souvent été confondus avec des pillow-lavas ou des plutons, et le profil D de marge passive avec un profil de dorsale. Le profil F a été rarement commenté correctement (progradations non reconnues ou confusions de termes progradation / aggradation etc.).

5 - À l'aide de la carte géologique au millionième (**planche 1a, b, c**), des cartes des anomalies de Bouguer (**document 2**) et des interprétations précédentes, vous établirez, en argumentant vos réponses, quels sont les contextes géodynamiques et/ou géologiques des différentes régions traversées par les profils sismiques des **documents 3 et 4**.

Les attentes du jury

Dans cette partie du devoir, les candidats devaient reprendre les observations précédentes, utiliser tous les documents fournis en établissant au besoin des liens entre eux (lien gravimétrie /cartographie/sismique, par exemple, etc.) et arriver à des interprétations en termes de géodynamique.

→ Le profil **A** — L'Ardenne et le Bassin de Paris

° Les données cartographiques (Pl. 2) montrent une succession de terrains depuis le Permo-Trias (*sur les marges du bassin*) jusqu'au Tertiaire (*au centre du BP*) nécessitant une subsidence et donc un contexte de bassin sédimentaire. On peut noter le faible pendage des séries (*auréoles d'affleurements très larges*) et les nombreux contacts discordants (*points triples*) sur le socle indiquant plusieurs épisodes transgressifs notamment au Trias, au Lias, au Dogger et au Crétacé supérieur.

° Les données géophysiques montrent que le Bassin de Paris s'est formé sur une croûte continentale, il n'y a pas de rift central ni de fortes anomalies gravimétriques positives ou négatives ; on peut donc le qualifier de bassin épicrotonique. Au NE on observe la limite nord de la chaîne hercynienne déversée vers le nord, avec la couverture paléozoïque plissée de l'Ardenne charriée sur le socle protérozoïque sur plus de 100 km.

- La sismique (document **3A**) met en évidence une zone centrale essentiellement constituée de matériel ductile (*roches métamorphiques paléozoïques*) présentant une croûte inférieure litée (*ductile également*). Sur la zone nord, la croûte cassante épaisse, essentiellement protérozoïque, se comporte comme un "bloc rigide" (*il y en a trois dans le bassin de Paris : les blocs Ardennais, Armoricaïn et Morvano-Vosgien*).
- La gravimétrie (document **2**) montre une zone à faible anomalie négative allongée de Paris à Orléans jusqu'en Sologne correspondant à l'emplacement de bassins permien et de zones demeurant subsidentes durant tout le Mésozoïque.

→ Le profil **B** — Les Alpes

° Les données cartographiques (Pl. 2) montrent une structure générale en arc de cercle (liée à la rotation antihoraire de l'Apulie), de multiples fronts de chevauchements, des nappes de charriage et des bassins flexuraux. Les candidats pouvaient évoquer le métamorphisme croissant d'Ouest en Est, les notions de zone externe non métamorphique (*chaînes subalpines et massifs cristallins externes*) et de zone interne métamorphique HP et BT, ainsi que la présence d'ophiolites.

° Les données géophysiques suggèrent la présence d'une racine crustale et d'une paléo-subduction.

- Sur le profil sismique, l'épaississement crustal se matérialise par des chevauchements crustaux impliquant des écailles de croûte continentale. On peut aussi indiquer la remontée du manteau sous la ligne de Canavèse, et le plongement de la croûte inférieure vers l'Est indiquant une subduction de la lithosphère européenne sous la lithosphère apulienne.
- En gravimétrie, (document 2), une forte anomalie positive est observée à l'Est (*corps d'Ivrée, remontée du manteau inférieur, zone de suture*) et une forte anomalie négative presque partout ailleurs (*liée à l'empilement de lames de socle à l'origine de l'épaississement crustal*).

→ Le profil **C** — Le fossé rhénan

° Les données cartographiques (Pl. 2) suggèrent un fossé aux bordures surélevées (*affleurement du socle paléozoïque au Sud ou du Trias germanique au Nord*), encadré par des failles normales associées à des champs de fractures (*le principal est Saverne et montre la couverture mésozoïque affectée par une tectonique en "touches de piano"*), Un volcanisme est visible au Kaiserstuhl (*phonolites, carbonatites, etc.*).

° Les données géophysiques :

- La sismique met en évidence un détachement enraciné à la base de la croûte inférieure ductile, de nombreuses failles normales, ainsi qu'une zone subsidente au centre du fossé et des bordures surélevées.
- La gravimétrie, (document 2), montre une zone d'anomalie fortement négative sous les Vosges cristallines et sous une partie du fossé correspondant au socle granitique. Dans le fossé, un alignement d'anomalies négatives moyennes correspond à une succession de "bassins" comblés par la sédimentation tertiaire épaisse (*entre 600 m et 2000 m d'épaisseur*).

→ Le profil **D** — La marge passive armoricaine

° Les données sismiques montrent des failles listriques, des sédiments syn-rift en éventail formés au moment de la rotation des blocs et des sédiments post-rifts déposés après la distension) (*concordance apparente dans les fonds de blocs et discordance sur les têtes de blocs*).

→ Le profil **E** — La sédimentation salifère en Méditerranée

° Les données cartographiques (Pl. 2) mettent en évidence des dépôts salifères cartographiés comme des structures sub-circulaires (*pointillés orange*) éloignées de la marge (*au delà de l'éventail du Rhône*). Il sont les témoins d'une régression majeure au Messinien qui exonde la plate forme du golfe du Lion et entraîne la formation de dépôts évaporitiques dans le centre de la Méditerranée occidentale (*sel parfois directement déposé sur la croûte océanique*).

° Les données géophysiques indiquent une morphologie en "dômes" de sel recoupant les réflecteurs correspondant aux sédiments récents (diapirisme).

→ Le profil **F** — La sédimentation au large du delta du Rhône actuel

° Les données géophysiques et gravimétriques :

- L'anomalie de Bouguer positive sous la Provence indique un amincissement crustal lié à l'extension de la marge provençale.
- Sur le profil sismique, les ensembles de réflecteurs **2** et **3** sont deux prismes progradants correspondant à des épisodes régressifs érodés au toit (*réflecteurs sub-horizontaux peu épais recoupant les réflecteurs obliques*). Les deux épisodes progradants d'âge pléistocène sont classiquement interprétés comme

traduisant des périodes de haut niveau marin (*stades interglaciaires*), suivies par des chutes eustatiques exprimées par l'érosion des prismes sous jacents (*stades glaciaires*). L'ensemble **1** correspond au prisme actuel à géométrie aggradante caractéristique d'un contexte de transgression et associé à la période post-glaciaire récente.

Les prestations des candidats

Cet exercice a été traité de façon très inégale avec souvent un manque d'argumentation, de hiérarchisation des idées et une absence de lien entre les documents. Les candidats ont éprouvé beaucoup de difficultés à exploiter les documents concernant le bassin de Paris (profil A), la Méditerranée et l'embouchure du Rhône (profil E et F). Nombre d'entre eux ont traité seulement l'aspect gravimétrique.

B) De l'affleurement à la carte géologique

Les attentes du jury :

Il s'agissait ici d'évaluer l'esprit d'observation des candidats et leur capacité à déduire de photographies d'affleurement des informations sur les contextes géologiques des différentes régions où avaient été prises les photographies. Il faut noter que les documents proposés sur la planche 3 étaient inspirés des illustrations figurant dans les livres des collèges et lycées.

*La **planche 3** regroupe des photographies de paysages et de roches caractéristiques de grandes régions géologiques en France métropolitaine (la localisation des photographies est reportée sur le document 1).*

- À partir d'une analyse détaillée de la **planche 3**, couplée aux informations fournies par la carte géologique (**planche 1a et b**), indiquez quels types de contextes géologiques, géodynamiques, ou climatiques, peuvent être mis en relation avec ces photographies.

➔ Photographie n°1 : Cette photographie est prise dans le Jura. On y observe des calcaires massifs plissés (*pli en genou ou pli droit*) témoins de la déformation plicative affectant la couverture mésozoïque au front des Alpes en domaine externe. En lame mince, il s'agit d'un calcaire à texture de wackestone ("*grains*" assez nombreux mais disjoints et matrice opaque micritique avec quelques remplissages de cristaux clairs de sparite). On note la présence de foraminifères indiquant un environnement marin franc (*faune pélagique*), de faible énergie, en domaine de plate-forme carbonatée.

➔ Photographie n° 2 : C'est l'illustration d'une vallée glaciaire en auge près de Grenoble. On peut remarquer les moraines de fond ou latérales entaillées par le torrent. Ce type de morphologie est acquis au Quaternaire en relation avec le développement des langues glaciaires au débouché des grands glaciers alpins (*vallées de la Haute Durance, du Guil, etc.*).

➔ Photographie n° 3 : Il s'agit de structures prismatiques typiques du refroidissement des coulées de laves basaltiques observées ici dans le Massif Central (*volcanisme alcalin à partir du Miocène*). Les prismes se développent selon un axe perpendiculaire à la surface de refroidissement.

➔ Photographie n° 4 : L'affleurement du Chenaillet (*Hautes Alpes*) montre des basaltes en coussin en plan structural. La quasi absence de déformation indique que cette portion de croûte océanique n'a pas subi la subduction/exhumation impliquant un métamorphisme et une déformation intense. Elle est donc le témoin du plancher océanique fossile obduit (*ophiolites d'âge jurassique issues de l'océan alpin*).

➔ **Photographie n° 5** : Il s'agit d'une exploitation de bauxite en Provence (*l'arrière plan montre les Alpilles*). Deux types de bauxites sont visibles sur la photo : des bauxites "rouges" et "blanches". Dans les deux cas il s'agit de sédiments (*argiles de type kaolinite, gibbsite $Al(OH)_3$, et graviers d'oxydes ou hydroxydes de fer*) issus de l'altération (*hydrolyse intense de type allitisation ou monosiallisation*) et du lessivage en milieu bien drainé de roches alumino-silicatées. La couleur finale de la roche, blanche ou rouge, dépend des conditions d'oxydo-réduction dans la zone d'accumulation. La lame mince montre une matrice rouge (*Fe, Al, argiles*) et des concrétions d'oxydes de fer (*pisolithes*). Les bauxites en Provence sont d'âge Crétacé inférieur à moyen et témoignent de l'émersion et d'un contexte climatique chaud propice à une altération intense des roches alumino-silicatées.

➔ **Photographie n° 6** : On peut observer des dolomies "ruiniformes" (*relief karstique*) de la région des Causses. Cette photographie illustre l'altération et l'érosion actuelles en climat tempéré de roches carbonatées fissurées. L'aspect en "colonnes" est lié à l'action de l'eau (*chargée en CO_2*) qui s'infiltre dans les fissures et dissout les ciments ou les matrices carbonatées (*phénomène accentué durant les saisons froides et humides pendant lesquelles les eaux sont enrichies en CO_2 dissous*).

Les prestations des candidats

Le jury a été particulièrement surpris par l'incapacité de très nombreux candidats à reconnaître et interpréter les différentes photographies qui, à chaque fois, illustraient pourtant un aspect bien connu et parfois "basique" de la géologie. Ainsi, les pisolithes de fer des bauxites ont été souvent interprétés comme des ammonites, les orgues basaltiques comme des ardoises ou des miroirs de failles, les pillow-lavas du Chenaillet comme des conglomérats, etc. Enfin, très peu de candidats sont allés au delà de la simple reconnaissance du sujet des photographies pour aborder leurs significations géologiques ou climatiques.

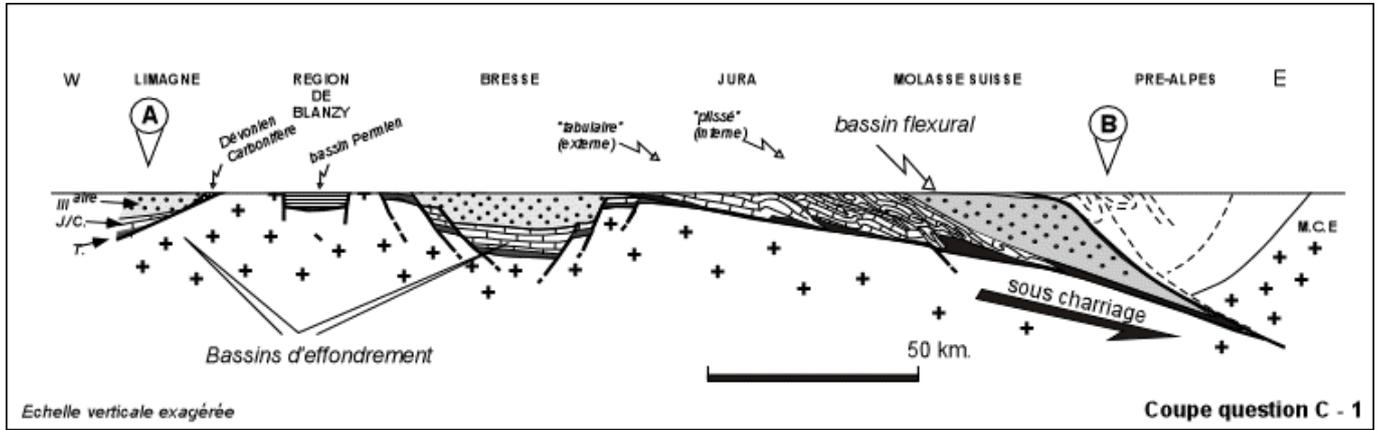
C) Les structures géologiques régionales d'après une coupe à l'échelle du millionième

Les attentes du jury

Pour traiter cette partie, les candidats devaient faire appel à leurs connaissances en géologie régionale. Il s'agissait dans un premier temps de réaliser une coupe géologique synthétique, dans laquelle devaient figurer les principales caractéristiques stratigraphiques sédimentaires et structurales des différentes zones traversées par le trait de coupe. La topographie n'étant pas figurée sur la carte au millionième, la limite supérieure de la coupe devait être représentée par un trait horizontal. Il était particulièrement important de faire ressortir : le bassin de Blanzay délimité par des failles sub-verticales décrochantes, le fossé d'effondrement de Bresse, chevauché à l'Est par le Jura, la structure du Jura (*zone plissée sous-charriée et décollée sur le Trias gypseux*), le bassin molassique suisse chevauché par les chaînes sub-alpines et recouvrant en concordance le Jura. Dans un second temps, les candidats devaient résumer les principales caractéristiques des zones traversées et expliquer brièvement les événements géodynamiques qui ont conduit à leur formation.

Le **document 5** représente un extrait de la carte de France au millionième sur lequel sont reportées, le long du trait A - B, quelques grandes régions géologiques.

1 - Réalisez une coupe synthétique A – B, en faisant bien ressortir les grandes structures géologiques et la nature des contacts entre les différentes régions ou zones fléchées.



Coupe A-B

2 - D'après votre coupe et vos connaissances, expliquez la mise en place des unités indiquées par des flèches sur la carte, en précisant les époques de mise en place de la structure de ces différentes régions.

- ° Les fossés de Limagne et de Bresse sont des fossés d'effondrement liés à la distension oligocène.
- ° La région de Blanzly correspond à un bassin Permien ("pull-apart") encadré par deux failles décrochantes recoupant le socle hercynien. C'est un témoin de la distension fini-permienne qui conduit à la restauration de l'épaisseur normale de la croûte.
- ° Le Jura est un ensemble sédimentaire plissé/faillé chevauchant sur les formations mio-pliocènes du fossé de Bresse et dont le socle est sous-charrié vers l'Est (*sous les massifs cristallins externes alpins*). Le chevauchement du Jura est du globalement à la collision Europe-Apulie et au raccourcissement qui en résulte.
- ° Le bassin molassique suisse est un bassin flexural à remplissage de sédiments tertiaires (*épaisseur des sédiments atteignant 4000 m*). Les molasses sont des formations sédimentaires détritiques à faciès continentaux ou marins peu profonds formés au cours de la collision continentale et issus de l'érosion des reliefs avoisinants. Il s'agit ici de dépôts oligocènes à miocènes en contact sur le Jura et chevauchés par les unités mésozoïques des chaînes sub-alpines.

Les prestations des candidats

Sur l'ensemble des copies corrigées moins d'une dizaine de coupes correctes ont été recensées. Les candidats se sont souvent contentés de retracer un vague profil topographique imaginaire alors qu'à cette échelle, une limite horizontale s'imposait et d'indiquer quelques failles ou limites de couches... La question 2 a également été traitée de manière très décevante ; les connaissances en géologie régionale d'une majorité des candidats étant très limitées. C'est sans doute cette méconnaissance des traits géologiques majeurs des régions concernées qui a empêché une grande majorité de candidats de réaliser correctement la coupe et son interprétation.

D) L'histoire d'une région d'après des données cartographiques et de terrain

Les attentes du jury

Après l'identification de structures géologiques sur des agrandissements de la carte au millionième, les candidats devaient utiliser en parallèle plusieurs documents afin de reconstituer l'histoire géologique d'une région, celle de Digne-les-Bains. Il était important de bien séparer observations et interprétations. Les candidats pouvaient présenter cette partie du devoir sous forme de tableau s'ils le souhaitaient.

Le document 6 présente trois agrandissements (A, B, C) de la carte de France au millionième dans le bassin du Sud-Est, ainsi qu'un log synthétique de la région de Digne-les-Bains (D) et un schéma de l'évolution de la subsidence au Mésozoïque dans le bassin du Sud-Est (E).

1 - Définissez le type et le jeu éventuel des structures tectoniques visibles sur les agrandissements **A, B** et **C** du **document 6**.

° L'agrandissement (**A**) montre des klippes, des failles décrochantes dextres, et des chevauchements de vergence opposée. Des unités métamorphiques renfermant des roches de plus haute pression sont situées géométriquement en dessous des unités de plus faible pression. L'agrandissement (**B**) illustre un front de chevauchement à vergence Nord et le graben oligocène de Sault. L'agrandissement (**C**) montre des fronts de chevauchement vers l'Ouest, dont celui de la "nappe de Digne" et une structure en demi-fenêtre.

2 - En vous aidant de la carte (**C**) et de la figure (**D**) du **document 6**, identifiez les principales lacunes de sédimentation et discordances qui affectent la région de Digne. Quelles en sont les causes ?

° La lacune de l'Eocène correspond à une période de régression de la mer alpine, liée à la compression pyrénéenne qui s'accompagne de la déformation et de l'érosion des dépôts mésozoïques de la région.

° Les discordances de l'Oligocène ou du Miocène sur le Crétacé/Jurassique ou le Trias témoignent de la formation d'un bassin flexural au front de la nappe de Digne. Les premiers dépôts molassiques se mettent en place à l'Oligocène ; ils sont discordants sur le Jurassique et le Crétacé plissés et érodés à l'Eocène.

3 - D'après la **figure (D)**, et en vous appuyant sur les indications de faciès, déterminez brièvement l'évolution des milieux de sédimentation du Trias supérieur (*Keuper*) au Miocène.

° Au Trias, les évaporites et la dolomie constituent des faciès lagunaires traduisant un milieu soumis à une évaporation intense. Les argiles bariolées sont des indicateurs de paléosols.

° Les dépôts du Lias caractérisent une sédimentation carbonatée de plate forme externe.

- ° Au Dogger, les *Cancellolophycus* (traces fossiles) et les turbidites indiquent une sédimentation de bassin subsident, les marnes noires riches en matière organique traduisent des conditions anoxiques.
- ° Au Malm, les écoulements gravitaires (*turbidites*) constituent des indices de remaniement pouvant témoigner de conditions de plate-forme carbonatée externe.
- ° Les dépôts du Crétacé inférieur indiquent un milieu de plate-forme carbonatée, et plus précisément un environnement de "pente" associé à de l'instabilité tectonique (*slumping*)
- ° Au Crétacé supérieur, les lamellibranches, les Orbitolines et la glauconie témoignent de conditions marines.
- ° L'Oligocène se caractérise par des dépôts détritiques affectés de litages obliques arqués et plans, typiques d'une sédimentation continentale (*présence également de marnes bariolées témoins d'une pédogénèse*).
- ° Au Miocène, la lithologie, les bioturbations et les litages indiquent des conditions marines peu profondes influencées par les tempêtes (*litages obliques en mamelons*).

Des points de bonifications ont été attribués aux candidats ayant présenté une courbe d'évolution des milieux de sédimentation ou de variation du niveau marin en parallèle de leurs interprétations.

4 - La figure (E) représente une courbe d'enfouissement au cours du temps donnant une indication de l'évolution de la subsidence dans le bassin. Quelles sont les causes possibles des variations de vitesse d'enfouissement indiquées par les trois flèches rouges ?

° L'accélération au "Lias" est liée au rifting dans le domaine Alpin, ce qui correspond à l'initiation de la subsidence. L'accélération au Crétacé inférieur correspond à la formation de la fosse vocontienne et le ralentissement fin Crétacé inférieur traduit l'inversion tectonique puis la fermeture progressive du bassin du Sud-Est (*émersion et déformation pyrénéo-provençale*).

5 - À l'aide des documents de votre choix, et en vous aidant de vos interprétations précédentes et de vos connaissances, retracez l'histoire sédimentaire et tectonique de la région de Digne. Vous replacerez cette histoire par rapport aux grands événements géodynamiques susceptibles d'avoir eu des conséquences dans le Sud-Est de la France au cours des temps géologiques.

° Les premiers dépôts au Trias indiquent une sédimentation continentale ou lagunaire en contexte aride (*évaporites*). La subsidence est encore faible : il s'agit d'une période ante-rift (*de l'océan Alpin*). Le Lias correspond à la construction d'une plate-forme externe profonde, témoin de l'accélération de la subsidence contemporaine d'une phase de rifting dans le domaine alpin. Au Dogger, s'installe une sédimentation de bassin profond (*turbidites, Cancellolophycus*) dans des conditions anoxiques (*marnes noires dénommées "Terres Noires"*). La sédimentation témoigne d'une mobilité tectonique associée à une subsidence importante (E). Ces faits sont à rattacher à une forte extension crustale au sein de l'océan Alpin. Le Jurassique supérieur correspond à une sédimentation de plate-forme carbonatée (*profondeur et contexte géodynamique très discutés actuellement : plate-forme stable dominée par les tempêtes ou instabilité et formations de brèches turbiditiques ?*).

Au Crétacé inférieur, se développe une sédimentation carbonatée de plate-forme, associée à des instabilités tectoniques (*slumps*) et à une accélération de la subsidence. Les candidats pouvaient évoquer la formation et le remplissage de la fosse vocontienne (*structure subsidente orientée E-W formée en contexte compressif -*

flexuration) à mettre en relation avec le déplacement de la plaque Ibérie (*initiation d'un régime de contraintes devenant S-N en Provence*). À partir du Crétacé supérieur la sédimentation peu profonde et la diminution de la subsidence sont à relier à une tectonique compressive syn-sédimentaire liée aux mouvements pyrénéo-provençaux.

À l'Eocène le régime compressif se poursuit (*mise en place de la chaîne pyrénéenne au Sud*) et une lacune est observée dans la région de Digne. Enfin à l'Oligocène et au Miocène, des molasses continentales puis marines peu profondes se déposent au front de la nappe de Digne (*nappe de charriage externe des Alpes*). Ces dépôts, discordants sur le Jurassique/Crétacé plissé, sont à relier à la formation d'un bassin flexural.

Les prestations des candidats

Les questions 1, 2 et 3 ont été relativement bien traitées. En revanche la question 4 concernant l'analyse de la courbe d'enfouissement n'a presque jamais été traitée correctement. La question 5 a révélé de grosses difficultés de hiérarchisation des idées et de rédaction. Très souvent les candidats se sont contentés de résumer les interprétations environnementales qu'ils avaient faites précédemment, sans les relier à des événements géodynamiques, climatiques ou encore tectono-eustatiques.

E) Conclusion : Les grandes étapes de l'histoire géologique de la France présentées à partir de la carte au millionième

Les attentes du jury

Dans cette dernière partie du devoir les candidats devaient faire preuve d'un esprit de synthèse et faire appel à leurs connaissances générales en géologie de la France. Ils devaient également être capable de localiser sur la carte de France au millionième, des structures ou de grandes régions géologiques susceptibles de servir à l'illustration de leur propos.

Remarques : certaines données importantes pour reconstituer l'histoire géologique de la France n'étaient pas directement observables sur la carte à cette échelle de reproduction. C'était le cas par exemple des données du métamorphisme ou du magmatisme. Les candidats pouvaient cependant utilement les intégrer à leur démarche.

- En utilisant l'ensemble ou une partie des documents fournis, présentez de façon synthétique (*deux à trois pages maximum*) les grandes étapes de l'histoire géologique de la France métropolitaine en suivant un plan chronologique. Pour illustrer les différents points de votre exposé, vous localiserez sur la **planche 2**, les grands ensembles géologiques que vous serez amené(e) à citer.

La correction de cette partie du sujet ne vise pas à donner un corrigé type. Il s'agit plutôt de proposer une synthèse des données utilisables pour traiter une telle question.

** Les (n°) dans le texte renvoient à la planche 2.*



L'histoire protérozoïque

Les plus anciennes roches de France métropolitaine sont datées de 1 800 à 2 800 Ma. (*Trégor et Cotentin*). Bien que ce ne soit pas en territoire français, les candidats pouvaient citer le site de référence d'"Icart Point" (**Guernesey - n°1**). Les roches du Protérozoïque constituent des unités de croûte continentale souvent reprises dans les orogènes paléozoïques et alpins. On les retrouve au sein de massifs anciens (*dans les Massifs Armoricaïn et Central, l'Ardennes, les Vosges moyennes*) et dans les chaînes récentes. Elles sont présentes dans la haute chaîne pyrénéenne et dans certains massifs cristallins des Alpes (*Belledonne, Mercantour, etc.*).

On pouvait détailler par exemple le cas du Massif Armoricaïn où le Protérozoïque est le mieux représenté et fournit des informations sur la période cadomienne (*ou panafricaine*).

→ Principaux points suggérant la convergence ou la déformation pouvant être illustrés sur la carte de France ou sur les documents fournis :

- ° La présence de nappes de roches métamorphiques chevauchantes vers le Sud (*dans la région de St Brieuc - St Malo par exemple*) (**n°2**).
- ° Des indices possibles de marge active sont observés avec vers 650 Ma, avec du magmatisme calco-alcalin et du volcanisme d'arrière arc dans la région de Lannion - Trégor - St Brieuc et des anomalies de densité (*témoins de roches basiques / "ophiolites"*) (**n°3**). La carte gravimétrique montre une anomalie fortement positive sous la région de St Brieuc.
- ° Des remontées granitiques recoupent les principales structures (*580 M.A. formation des reliefs cadomiens*) (**n°4**).
- ° La couverture cambrienne est discordante sur le socle briovérien déformé (**n°5**) (*bocage normand par exemple*).

L'histoire varisque

Il n'y a pas d'arguments cartographiques clairement visibles à l'échelle du 1 / 1 000 000^e en France concernant le cycle calédonien (*il se marque au Nord de l'Ardenne et dans le Boulonnais par des discordances et notamment celle du Dévonien transgressif sur l'ensemble Cambrien à Silurien plissé*).

En revanche la chaîne varisque est bien documentée dans les Massifs Armoricaïn et Central, l'Ardenne, les Vosges, la haute chaîne pyrénéenne et les massifs cristallins alpins.

→ Quelques points importants concernant les principales caractéristiques de cette chaîne et les grandes étapes de sa formation :

- ° La subduction (fin Silurien)
 - Témoins d'une paléo-suture océanique (**n°6**) dans le Massif Armoricaïn au Sud (*roches basiques/ultra basiques au sein d'un complexe leptyno-amphibolique, matériel "océanique" intensément métamorphisé à HP à Groix*), dans le Massif Central, (*roches de haute pression - éclogites en enclaves à la base des gneiss supérieurs dans le Limousin, etc.*) et probablement dans les Alpes (*complexes de gneiss leptyno-amphiboliques dans le massif externe de Belledonne*).

° La collision (Dévonien)

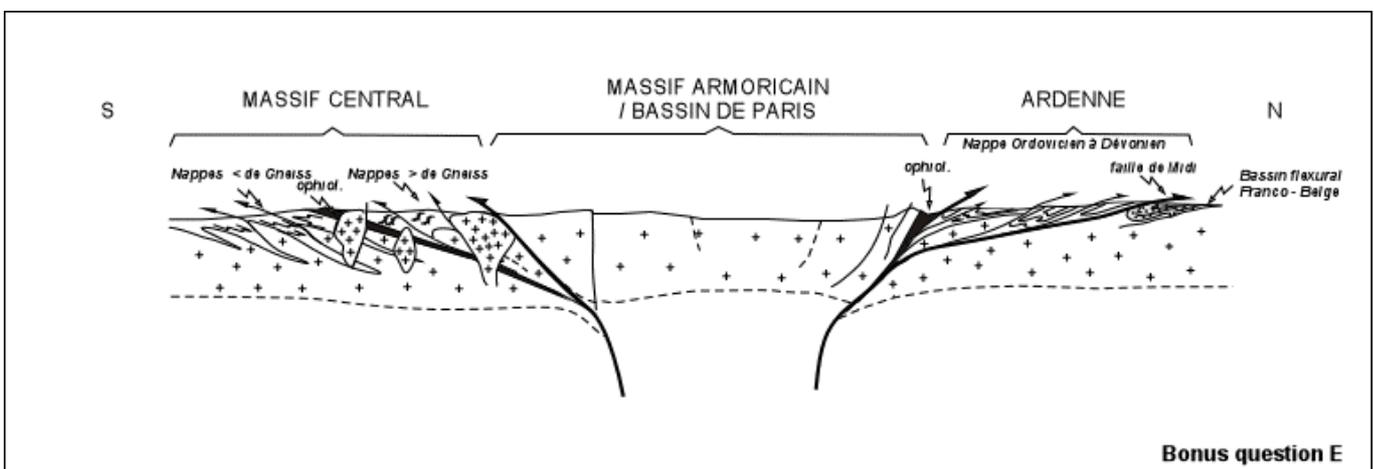
- Mise en place des unités cristallines de gneiss (n°7) ("*nappes internes*") dans le Massif Armoricaïn, (*au Sud en Vendée et au Nord - pays de Léon*), dans les Vosges moyennes, dans le Massif Central (*unités inférieures et supérieures de gneiss d'âge Cambro-Ordovicien*).
- Intrusions de plutons granitiques (*Massif Armoricaïn et Central, Vosges centrales, Pyrénées*) témoignant de la fusion partielle de la croûte épaissie en contexte de collision.

° La collision et la subduction continentale (début Carbonifère)

- Métamorphisme prograde inverse au niveau des Cévennes (**n°8**)

° Les évènements post-collisionnels et le démantèlement de la chaîne (Carbonifère - Permien)

- Mise en place de grands accidents de socle souvent décrochants, plutonisme et formation de bassins en "pull-apart" contemporains de l'extension post-épaississement (*fini-Carbonifère*)
- Cisaillements dextres sud-armoricains / nord-armoricain (**n°9**) datés par les remontées de granites carbonifères le long des failles (**n°10**) (*formes allongées ou pincées entre les failles*), lien avec le document 2 montrant une anomalie négative à l'emplacement de la zone broyée injectée par les granites.
- Formation du Sillon Houiller dans le Massif Central (*décrochement senestre*) (**n°11**), et bassins carbonifères allongés le long des failles.
- Mise en place de la Faille nord-pyrénéenne (**n°12**) et des bassins carbonifères associés.
- Plutonisme d'âge carbonifère, forte anatexie crustale dans les conditions du faciès amphibolite formant des granites, des leucogranites et des granodiorites (*Massif Central, Massif Armoricaïn, Vosges*).
- Mise en place de nappes externes et de bassins flexuraux.
- Décollement de l'Ardenne en zone externe de la chaîne varisque impliquant les dépôts d'âge Cambrien à Dévonien plissés et faillés (*chevauchements vers le nord nombreux*). Niveau de décollement principal dans le Cambrien repérable sur le document 3A (*exprimé par la faille du Midi à l'affleurement - n°13*).
- Présence d'un bassin flexural (*franco-belge*) (**n°14**) à remplissage carbonifère au front de la nappe ardennaise.
- Formation de nombreux bassins carbonifères et permien encadrés par des failles (**n°15**) à sédimentation détritique et de charbons (*flore houillère*) sous climat chaud et humide (*position de la France sur l'équateur*).
- Démantèlement de la chaîne exprimé par une forte sédimentation détritique au Permien.



Bonus question E

L'histoire mésozoïque et cénozoïque : les bassins sédimentaires et les chaînes de montagne

Genèse et remplissage des grands bassins sédimentaires français

L'initiation contemporaine des trois grands bassins français, (*Bassin de Paris, d'Aquitaine et du Sud-Est*) (n°16) est liée à la distension qui affecte tout le domaine européen nord-occidental à la fin du Permien. Leur remplissage sédimentaire couvre une période allant du Permo-Trias au Quaternaire. Ces bassins sont fortement subsidents (*épaisseur des sédiments parfois supérieure à 6000 m dans le bassin de Paris et le bassin d'Aquitaine, et jusqu'à 12 km dans le bassin du Sud-Est*) et l'histoire Mésozoïque/Cénozoïque est dominée par des cycles de transgression/régression d'origine tectono-eustatique (*mers épicontinentales en provenance de la Téthys puis de l'Atlantique à partir du Jurassique moyen pour l'Aquitaine*).

→ Points pouvant illustrer quelques caractéristiques du remplissage et de l'évolution des bassins sédimentaires au Mésozoïque d'après les documents

° Les dépôts sont tabulaires et sont discordants sur un socle. Un exemple pouvait être pris dans le bassin de Paris (*ou d'Aquitaine*) en illustrant les multiples contacts anormaux (n°17) visibles sur la carte de France et traduisant différents épisodes de transgression. Le Trias est transgressif sur le socle, le Jurassique moyen transgressif sur le Trias ou sur le socle paléozoïque, le Crétacé supérieur transgressif sur le socle, etc.

° On pouvait également montrer que l'évolution de la sédimentation et de la subsidence dans un bassin est étroitement liées aux événements géodynamiques avoisinants. Une partie du bassin du Sud-Est, illustrée à partir du document 6, pouvait alors servir d'exemple. Les candidats pouvaient montrer la distension triasique accompagnée de dépôts d'évaporites puis l'initiation des plate-formes carbonatées à partir du Lias. Les instabilités tectoniques à partir du Crétacé inférieur et l'inversion du bassin fin Crétacé supérieur étaient à mettre en relation avec la tectonique pyrénéo-provençale.

Formation des chaînes récentes.

- Les Pyrénées : (*Chaîne formées entre le Crétacé supérieur et l'Eocène : collision Ibérie / Europe*) .

→ Quelques points pouvant illustrer les caractéristiques de cette chaîne et sa formation

° L'épaississement crustal se traduit par une forte anomalie gravimétrique négative à l'axe de la haute chaîne (document 2).

° Le métamorphisme régional HT/BP (*événement thermique, remontée de péridotites litées du manteau*).

° Les témoins de déformation et de raccourcissement : présence d'une structure en éventail, de chevauchements crustaux (faille N. Pyr. n°12) et de couverture (n°18), chevauchements de la zone nord pyrénéenne sur la zone sous pyrénéenne et de la zone axiale sur la zone sud pyrénéenne.

° L'absence d'ophiolites, mais la présence d'un sillon fortement subsident (*flyschs crétacé >*) entre l'Ibérie et la plaque "Europe" reliée à la Téthys alpine.

° Les bassins flexuraux : (n°19) bassins molassiques de l'Ebre et dans le Sud du bassin d'Aquitaine.

° Les déformations des couvertures sédimentaires dans les bassins sédimentaires voisins :

- Déformation de la Provence "calcaire", plis et chevauchements à axes E-W (**n°20**) (*Ste Victoire, Lure, Ste Baume, Eguilles, etc.*).

Les Alpes : (*subductions océanique et continentale du Crétacé > à la fin de l'Eocène et collision oligocène*)

→ Quelques points pouvant illustrer les caractéristiques de cette chaîne et sa formation

° L'épaississement crustal et la remontée du manteau supérieur (au niveau du corps d'Ivrée): la forte anomalie gravimétrique négative au niveau de l'arc alpin et l'image sismique montrant la structure en lames de socle empilées (**document 3 B**) illustrent l'épaississement crustal. La forte anomalie positive à l'aplomb du corps d'Ivrée montre, quant à elle, la remontée du manteau supérieur (*faciès transparent en sismique sur le document 3B*).

° Le métamorphisme HP° à UHP° croissant vers l'Est (faciès éclogite dans les zones Piémontaise et Austro-alpine et éclogite à coésite à Dora-Maira n°21).

° Les témoins de l'existence d'un ancien océan : des ophiolites non métamorphosées au Chenaillet (**n° 22**) et métamorphosées au Mont Viso sont présentes dans la zone Liguro-piémontaise des Alpes (**n°23**).

° De nombreux fronts de chevauchements délimitent les différentes zones alpines, (*dont le chevauchement pennique frontal : n°24*), rétro-charriage dans le Briançonnais, empilement de nappes de charriage (*flyschs à Helminthoides*).

° Des bassins flexuraux molassiques se forment en périphérie de la chaîne (*bassin tertiaire de Digne, molasse suisse, n°25*).

° La déformation et la fracturation tardive des domaines les plus externes : déformation de la couverture Jurassique / Crétacé de la Provence et nombreuses failles N-S (*cisaillements*) (**n°26**). Plissement et décollement sur le Trias (*gypseux*) du Jura et sous-charriage de son socle (**n°27**).

La distension Oligocène et les événements récents

Elle se traduit par la formation de bassins d'effondrement étroits et souvent asymétriques (*failles de détachements*) : fossé rhénan, fossés de Bresse et des Limagnes, fossé d'Alès. (**n°28**). La distension est à mettre en relation avec l'étirement de la lithosphère associé à la subduction continentale dans les Alpes. Les candidats pouvaient également parler de formation de la Méditerranée occidentale (*bassin liguro-provençal, Golfe du Lion*) .

→ Quelques points illustrant l'histoire tertiaire et quaternaire :

° La présence de bassins sensiblement N-S à remplissage tertiaire encadré par des failles normales (Doc. 3C)

° Le volcanisme alcalin lié à de la distension d'âge Mio-Pliocène et sa relation avec une forte anomalie de vitesse dans le manteau sous-jacent interprétable en terme de "point chaud" (retrouvé dans le fossé rhénan – Kaiserstuhl , Limagne, Cantal, Aubrac, Mont Dore, etc. n°29).

L'histoire de la Méditerranée

Les candidats pouvaient illustrer, par exemple, les évènements glacio-eustatiques qui s'enregistrent sur la marge du Golfe du Lion. On pouvait également parler de la rotation du bloc corso-sarde aboutissant à l'ouverture du bassin algéro-provençal au Miocène et au fonctionnement en marge passive de la côte méditerranéenne de la France.

Dans cette optique trois types d'observations pouvaient être faites.

° Les progradations/aggradations au Plio-Quaternaire au large du delta du Rhône témoignent de périodes de haut niveau marin ou de transgressions au cours du plio quaternaire.

° La présence de profonds canyons sous-marins dans le prolongement du Rhône, du Var etc... (n°30 repérable sur la carte en couleur) et cônes turbiditiques étendus au débouché des canyons (n°31 zone repérable sur la carte en couleur) (âges plio-quaternaires à actuel) caractérisent "cartographiquement" des périodes d'érosion liées à des chutes du niveau marin.

° La sédimentation salifère (doc 3 F) (n°32 repérable sur la carte en couleur) témoigne de la chute du niveau marin au Messinien.

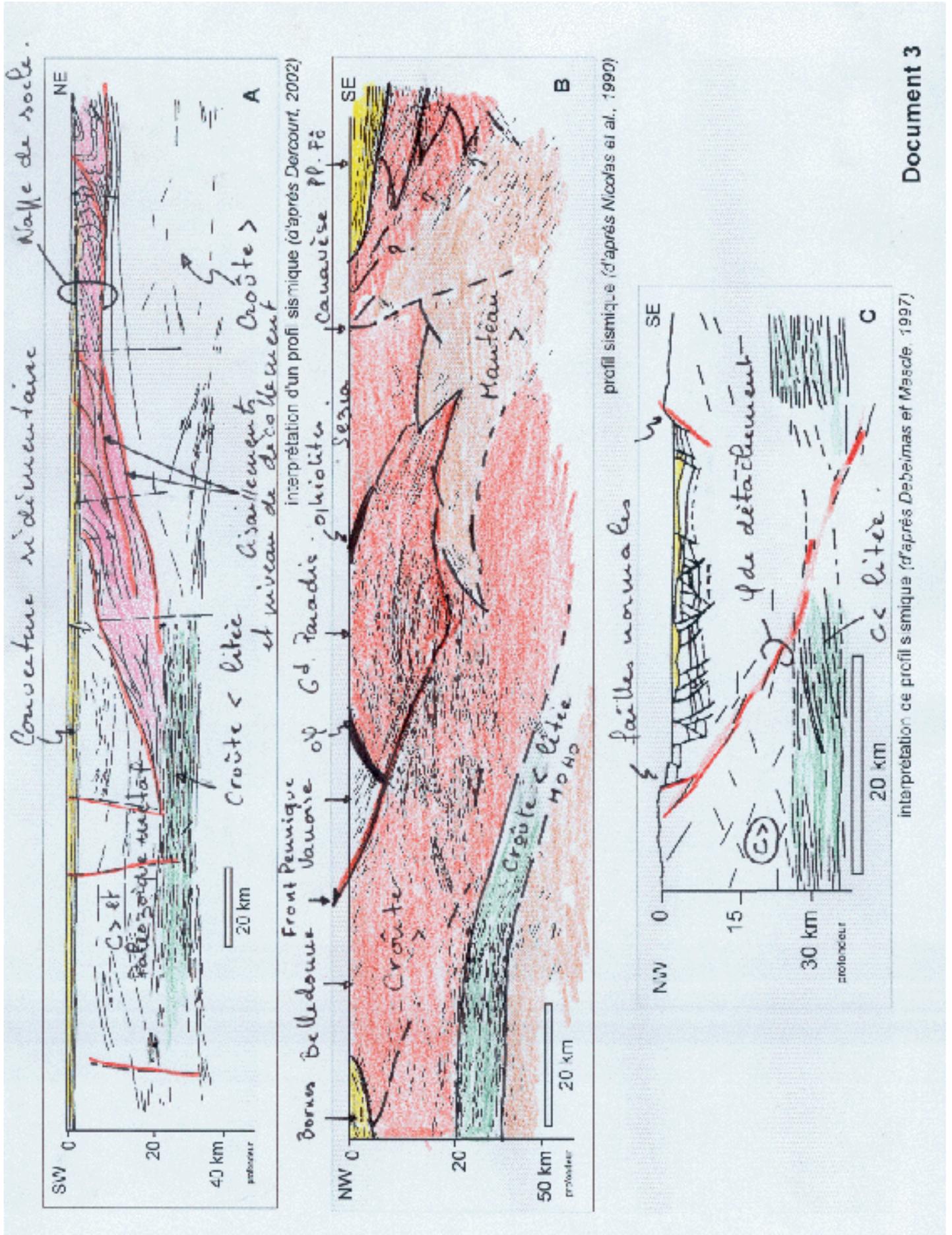
Les prestations des candidats

Cette partie du devoir a souvent été survolée, voire non traitée. Lorsque la question a été abordée, bien souvent les grands cycles orogéniques ont été évoqués superficiellement (hercynien et alpin) et la genèse des bassins sédimentaires a rarement été présentée. Par ailleurs, l'exercice consistant à faire figurer sur la carte 2b les zones ou structures illustrant les différents aspects de l'histoire géologique de la France a très rarement été satisfaisant.

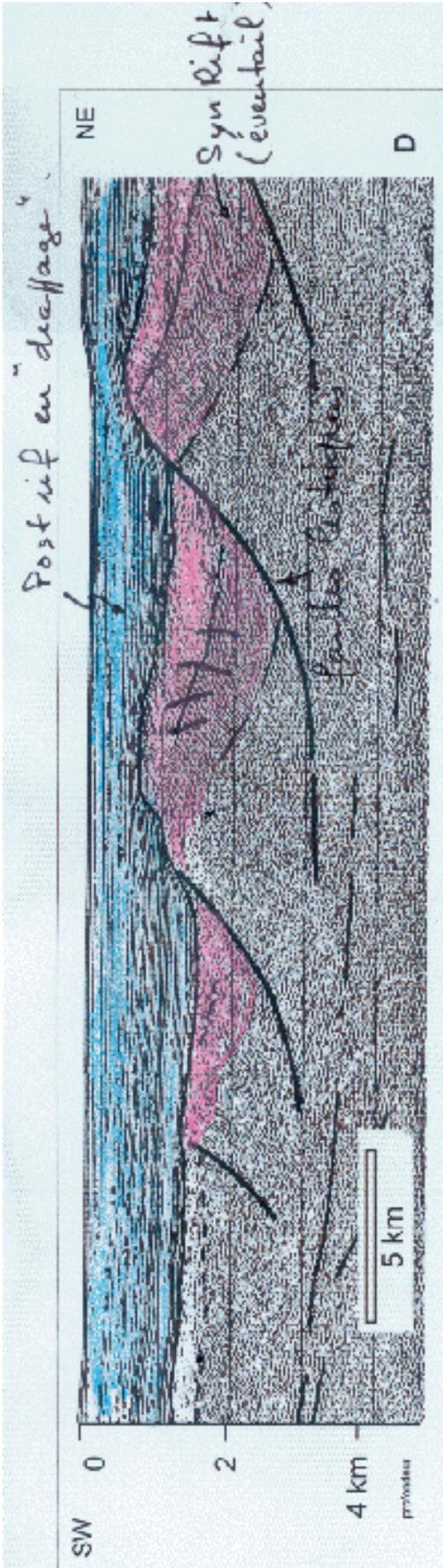
CONCLUSIONS

Le sujet proposé cette année était essentiellement fondé sur l'observation de données géologiques concrètes ne faisant pas appel à des modèles. Ceci a semblé avoir déstabilisé bon nombre de candidats. La plupart d'entre eux n'a pas su utiliser au mieux les documents fournis afin d'arriver aux interprétations demandées. L'utilisation de la carte géologique au millionième, bien qu'il s'agisse d'un document fondamental en Géologie, s'est révélée problématique pour bon nombre de candidats. De même, l'interprétation de photographies de terrains a montré le manque d'esprit d'observation ou de "culture" géologique de la part de nombreux candidats. Le commentaire de carte et la coupe géologique synthétique sont également des exercices fondamentaux qui ne sont pas du tout maîtrisés. Enfin, ce sujet a révélé, pour bon nombre de candidats, une méconnaissance grave de la "Géographie" de la France (*localisation du fossé rhénan au niveau de Nancy, etc.*) ainsi que des problèmes de rédaction récurrent d'années en années. Trop souvent les réponses ne sont pas ciblées par rapport aux questions posées, le raisonnement est absent et les connaissances non hiérarchisées, etc.

Document n° 3 corrigé



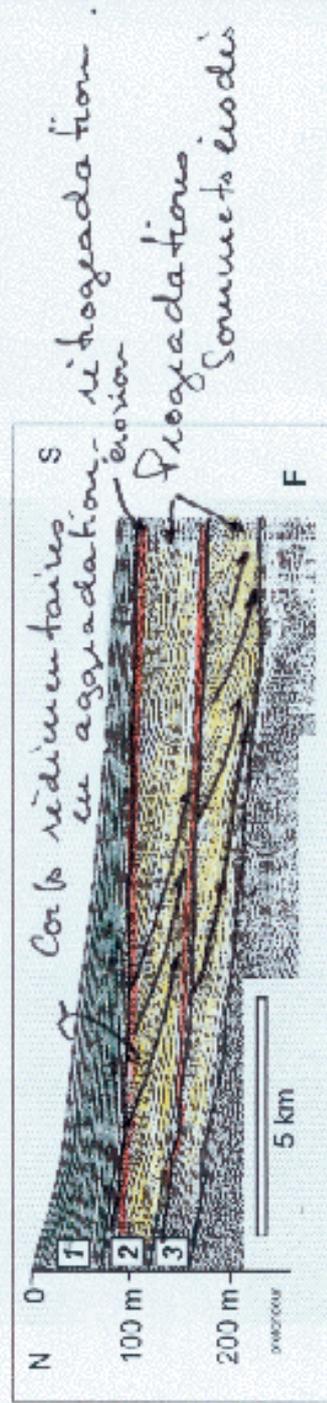
Document n° 4 corrigé



profi sismique interprete (d'après Bouillot et al., 1984)



profil sismique (d'après Bijur-Cuval et al., 1974)



profi sism que (d'après Bouillot et Coulon, 1998)

- 1. dépôts post-glaciaires récents et actuels
- 2 et 3 : dépôts Pleistocènes

L'écrit de biologie