

CORRIGE GEOSCIENCES (2H)

Quelques aspects de la géologie du Nord de la France métropolitaine

Introduction :

I.1 Présentez les grands ensembles géologiques visibles sur la figure 1. La notion de socle sera définie et élargie si besoin à un cadre plus large que celui retenu sur la légende de cette figure.

Votre réponse n'excédera pas 5 à 6 lignes. (5mn)

La figure 1 montre que la partie nord de la France métropolitaine comprend deux bassins sédimentaires : le bassin parisien (600 km E-O et un peu plus de 500 km N-S), et le fossé rhénan (couloir étroit, étiré N-S à l'Est des Vosges). Ces bassins laissent apparaître en périphérie les socles qui constituent également leur substratum : Massif armoricain à l'ouest, Massif central au Sud, Vosges à l'Est ; au Nord-est, l'Ardenne constituée de terrains sédimentaires déformés lors de l'orogénèse varisque constitue aussi un socle pour le Bassin parisien, non cristallin cependant.

I.2 Sur la figure 2, complétez la légende de chaque échantillon. Donnez l'âge (au minimum ère et plus précis si possible) des échantillons non datés, en vous aidant de la carte géologique (figure 1).

En fonction de la nature de l'échantillon et de son contenu, complétez la figure 1 en plaçant la lettre adéquate de chaque échantillon dans la pastille correspondante. (5mn)

Ci-joint commentaire du jury ;

Quatre échantillons de différents âges ont été récoltés sur le terrain en différents lieux. On demande leur analyse.

- Echantillon A : La roche présente une texture grenue. Il s'agit d'une granodiorite, du fait (i) de la présence des feldspaths alcalins et plagioclases, et (ii) de l'abondance de biotite et amphibole parmi les minéraux ferro-magnésiens. Les termes de "granite à amphibole" et de "granitoïde" ont été acceptés. Le terme de granite est celui qui revient le plus souvent, mais de nombreuses copies donnent le terme exact de granodiorite. Un autre terme revient aussi souvent pour la texture, c'est le terme "lisse" qui lui n'existe pas dans la nomenclature des textures de roches magmatiques.

- Echantillon B : L'échantillon est d'âge Tertiaire (Paléogène-Néogène), et présente une texture "matrice-support" (bioclastes portés par la matrice micritique). La roche est une biomicrite (classification de Folk) de texture wackestone (classification de Dunham). Le vocable "calcaire à foraminifères" (alvéolines, milioles, nummulites) a été accepté, même si cela ne précise en rien la texture de la roche sédimentaire carbonatée. Le terme micrite est cité dans quelques copies, mais quasiment jamais celui de biomicrite. La texture packstone a été aussi acceptée par les correcteurs. En toute rigueur, la présence du genre Nummulites permet d'exclure le Néogène. Comme cette notion de répartition stratigraphique des foraminifères n'est pas exigible au concours, l'ensemble du Tertiaire (Paléogène et Néogène) a été admis par les correcteurs.

- Echantillon C : La partie du squelette de dinosaure illustré ici appartient à un Iguanodon (*Iguanodon bernissartensis*) du Crétacé inférieur. Là encore, il n'est pas demandé de connaître la répartition stratigraphique précise des Dinosaures. Ainsi, les termes de Crétacé et Jurassique ont été acceptés. On notera que dans de (trop !) nombreuses copies, l'Iguanodon a été placé dans le Tertiaire. Si, comme indiqué précédemment, on ne saurait être trop strict quant à un âge précis, il est inadmissible, pour tout bachelier, de ne pas connaître la crise de la limite Crétacé-Tertiaire (autour de 65 Ma), qui a mis un terme à l'évolution des Dinosaures (ainsi que de nombreux autres groupes).

- Echantillon D : La roche présente une schistosité de flux (autrefois nommée schistosité "ardoisière") marquée par l'orientation préférentielle des minéraux phylliteux (chlorites) et de la fraction silteuse. La roche est un schiste (chloriteux). Les cristaux de magnétite présentent des ombres de pression (ou "queues de cristallisation") avec cristallisation de quartz, d'aspect fuselé. Ces ombres de pression s'expriment lorsqu'il existe un contraste de "dureté" entre un minéral (ici la magnétite) et sa matrice. La forme générale présente une allure légèrement sigmoïde suggérant une rotation dans le plan de schistosité (déformation asymétrique rotationnelle).

A. La zone rhénane

A l'aide des seules données des figures 3, 4, 6, 7 et 8, caractérisez au mieux la structure de ce fossé, et proposez un scénario expliquant les caractéristiques de son remplissage sédimentaire. (30mn)

L'extrait de carte au millionième montre que ce fossé est large d'une **trentaine de kilomètres** et s'étire entre les massifs des Vosges et de la Forêt Noire (Schwarzwald) séparés de ceux-ci par des **failles normales** cartographiées.

Alors que le socle vosgien affleure à plus de 1000 m, les données du forage indiquent qu'il est abaissé à plus de 2400 mètres sous le niveau de la mer dans le fossé : ceci indique **un rejet vertical d'au moins 3500 mètres pour la faille normale le limitant à l'ouest.**

Ces observations sont confirmées par les données du profil sismique :

- on voit que les réflecteurs subhorizontaux sont en effet interrompus par une discontinuité (soulignée en rouge sur le profil joint) qui plonge vers l'est : il s'agit de la faille qui borde le fossé à l'ouest.
- alors que dans son mur les terrains triasiques sont mentionnés vers le sommet du profil, ils sont à la base de celui-ci, coté toit, de l'autre côté de la discontinuité ; le toit est donc abaissé par rapport au mur : il s'agit bien d'une faille normale.

Le remplissage sédimentaire du fossé montre :

- des formations triasiques et jurassiques affaissées qui présentent pour le Trias une épaisseur comparable dans le mur vosgien et le toit affaissé : c'est une **série anté-rift**.
- des formations paléogènes (éocène + oligocène) à réflecteurs déformés le long de la faille (au moins pour les terrains d'âge éocène, faisant penser pour l'ensemble à des **formations syn-rift**).
- une formation néogène (pliocène) recouvrant l'ensemble et non affectée par la faille, assimilable à une **formation post-rift**.

Ceci renvoie donc à un fonctionnement paléogène de la faille (éocène + oligocène) et à un contexte régional extensif O – E à cette époque.

L'affaissement consécutif à ce jeu de faille est responsable d'une **forte subsidence tectonique** dans le fossé, ce qui crée et entretient un espace disponible pour la sédimentation durant cette même

période. **De fait, l'accumulation sédimentaire est plus importante dans le fossé à cette époque que dans le centre du bassin parisien voisin** (confrontation des séries stratigraphiques fournies : 1500m dans le fossé pour 100m dans le bassin de parisien ; valeurs de 1500m confirmée par isobathes de la base du tertiaire sur carte).

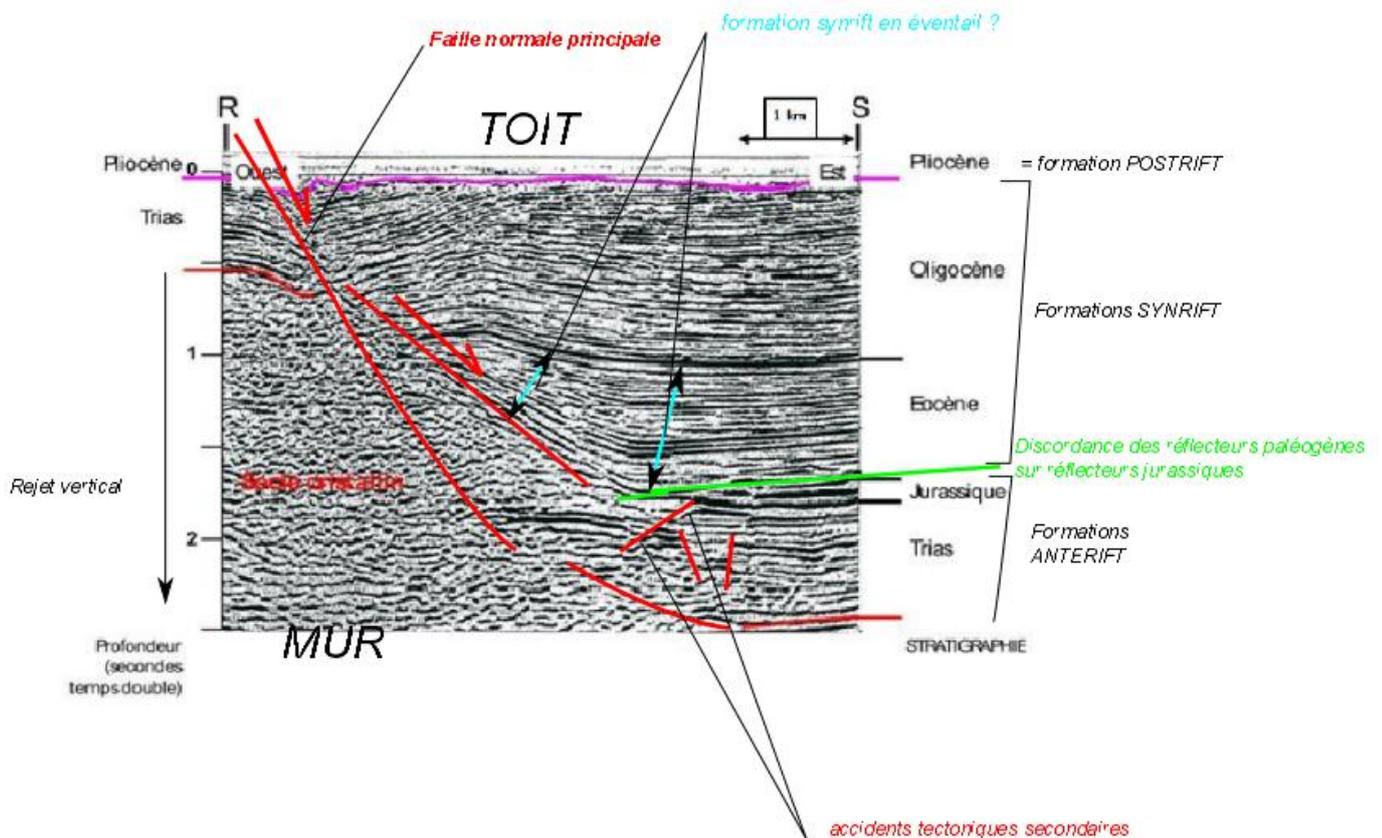
Les sédiments paléogènes recouvrent directement des formations jurassiques dans le fossé avec d'ailleurs quelques figures de discordances angulaires repérables sur le profil sismique.

Les terrains du Crétacé y sont absents à la différence de ce qui peut être observé dans le Bassin parisien où ils sont bien développés. Ceci peut être interprété de deux façons :

- 1. cette zone orientale par rapport au centre du Bassin parisien n'aurait peut-être pas été subsidente à cette époque de sorte qu'aucun sédiment crétacé ne s'y serait déposé ;
- 2. cette zone a pu accueillir des sédiments d'âge crétacé mais le rifting paléogène aurait été précédé d'un réchauffement et d'un bombement lithosphérique livrant alors ces terrains à l'érosion, avant que le fossé ne s'effondre en son centre et que les sédiments paléogènes ne recouvrent alors la limite d'érosion située au sommet des formations jurassiques.

Ce schéma renverrait donc à **l'hypothèse d'un rifting actif** pour le fossé rhénan.

Remarque : la tectonique paléogène se caractérise aussi par de probables accidents secondaires au sein des formations mésozoïques (cf. profil).



B. Le Bassin parisien

B1 :

D'après le forage de la figure 3, les épaisseurs des couches sédimentaires dans le bassin parisien sont :

Tertiaire (paléogène) : <100m

Secondaire : Crétacé ≈1000 m ; Jurassique ≈1500 m ; Trias ≈ 500 m

Pour le fossé rhénan, le forage BL1 donne :

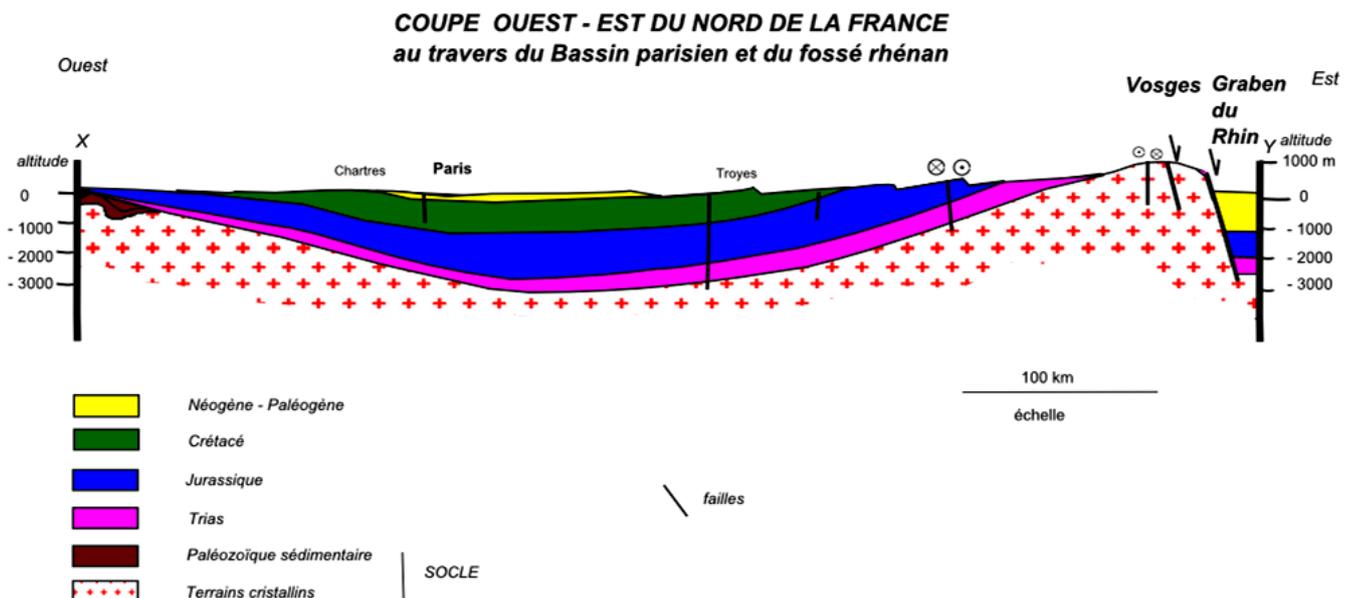
Paléogène + néogène ≈ 1500 m ; Jurassique ≈ 800m ; Trias ≈ 500m

Proposition de coupe en respectant épaisseurs et données relatives au toit du socle (attention, la distorsion entre échelles verticale et horizontale fausse les t, ce qui est cohérent avec la largeur d'affleurement du Crétacé (100 km) pour une couche de 1000 m d'épaisseur, ou avec les données des isobathes du toit du socle (base du Trias) !

Le document 9 permet d'accéder à la topographie de cette partie de la France car rappelons que les anomalies à l'air libre reflètent la topographie...mais une bonne maîtrise de la géographie physique est la qualité première de tout géologue passionné par le terrain !

Ci-joint extrait du rapport de jury :

L'anomalie à l'air libre est la différence entre la valeur mesurée à une altitude h donnée (comptée positivement vers le haut) et la valeur théorique corrigée de la correction à l'air libre. Elle tient compte du fait que la mesure a été réalisée en un lieu à une certaine altitude, au dessous ou au dessus de l'ellipsoïde de référence. Au premier ordre, la cartographie de cette anomalie reflète le relief. Beaucoup de candidats utilisent indifféremment le mot gravimétrie et anomalie gravimétrique pour désigner l'anomalie à l'air libre. D'autres confondent ladite anomalie avec l'anomalie de Bouguer et pour quelques-uns, avec l'anomalie de plateau. Beaucoup de candidats, même parmi ceux qui donnent une définition acceptable de l'anomalie à l'air libre, concluent en faisant intervenir des excès ou des déficits de masse, liées à la nature des roches, pour l'expliquer.



B2 : Quelles informations pouvez-vous déduire de ces données ? (15mn)

Le mécanisme au foyer permet de préciser comment la faille impliquée dans le séisme a joué, ce qui permet d'avoir des informations sur la géodynamique de la région. Dans la représentation des mécanismes au foyer, le cadran noir correspond aux zones en compression et le cadran blanc aux zones en dilatation. Le mécanisme figuré au point S correspond à un décrochement dextre. La faille de Vittel a une orientation N 110 à 120 ; **elle est décrochante sub-verticale dextre.**

On peut transformer le tableau 1 en y ajoutant les distances mesurées sur la carte et les distances parcourues par les ondes réfléchies. En appliquant le théorème de Pythagore, on en déduit les résultats relatifs à la profondeur du Moho sous les différentes stations... :

Stations	Temps d'arrivée des ondes P réfléchies (en secondes)	Distance parcourue par ondes P réfléchies (en km)	Distance Q – S (en km)	Profondeur Moho (en km)
Q1	14,3	71,5	42	28,9
Q2	22,1	110,5	90	32,0
Q3	32	160	143	35,8

On constate donc que **la profondeur du Moho** qui est généralement voisine de 35 km sous les portions stables des continents **diminue vers l'Est du bassin de parisien** en direction du fossé rhénan.

Ceci est probablement lié à l'amincissement crustal caractéristique des zones de rift et s'inscrit dans le cadre de l'amincissement lithosphérique de ces secteurs.

B3 : En vous appuyant sur les données des tableaux 2 et 3, expliquez en quoi les caractéristiques géologiques des formations sédimentaires du bassin de Paris permettent d'expliquer l'existence de 5 nappes et leur disposition relative en Ile-de-France. (15 mn)

Dans le bassin de Paris, les roches sédimentaires dont l'âge s'échelonne entre le Crétacé et l'Oligocène forment **5 ensembles superposés de terrains poreux et perméables** séparés les uns des autres par des terrains **imperméables** (argiles).

Chacun de ces ensembles dispose d'une aire à l'affleurement permettant sa recharge via les précipitations et ensuite l'infiltration des eaux.

B4 : Précisez la particularité de la nappe de l'Albien exploitée à Paris, proposez une origine géographique possible pour l'eau qui y est prélevée et une explication au jaillissement constaté en 1841. (10 mn)

La nappe de l'Albien présente une particularité parmi les nappes exploitées en Ile-de-France dans la mesure où les formations sableuses aquifères qui la contiennent n'affleurent pas dans cette région.

Elle n'est atteinte que par le biais de forages et le niveau piézométrique qui la caractérise montre que, dans cette région, **cette nappe est captive**.

L'eau qui peut y être puisée à Paris s'y est en fait infiltrée dans les secteurs où l'aquifère qui la contient affleure, **c'est-à-dire à plus de 150 km vers l'est ou le sud-est du bassin** (ainsi que dans la boutonnière du pays de Bray).

Le jaillissement constaté à Grenelle peut être lié au caractère captif de la nappe et au fait que **l'eau situé dans la nappe à cet endroit est sous pression**. En première approximation, le niveau de jaillissement traduit en effet le niveau piézométrique de la nappe dans ses secteurs de recharge, c'est-à-dire là où elle est libre, dans des secteurs du bassin où les terrains de l'albien affleurent à des altitudes largement supérieures à celle à laquelle ils sont situés sous Paris.

Remarque : La nappe des sables albiens du bassin de Paris est l'une des plus importantes des nappes exploitables dans les bassins sédimentaires en France. Elle couvre près de 100 000 km², contient approximativement 400 milliards de m³ d'eau (à rapporter au prélèvement annuel total d'eaux souterraines en France proche entre 20 et 25 milliards de m³), et l'eau s'y écoule à la vitesse de 2 m/an.

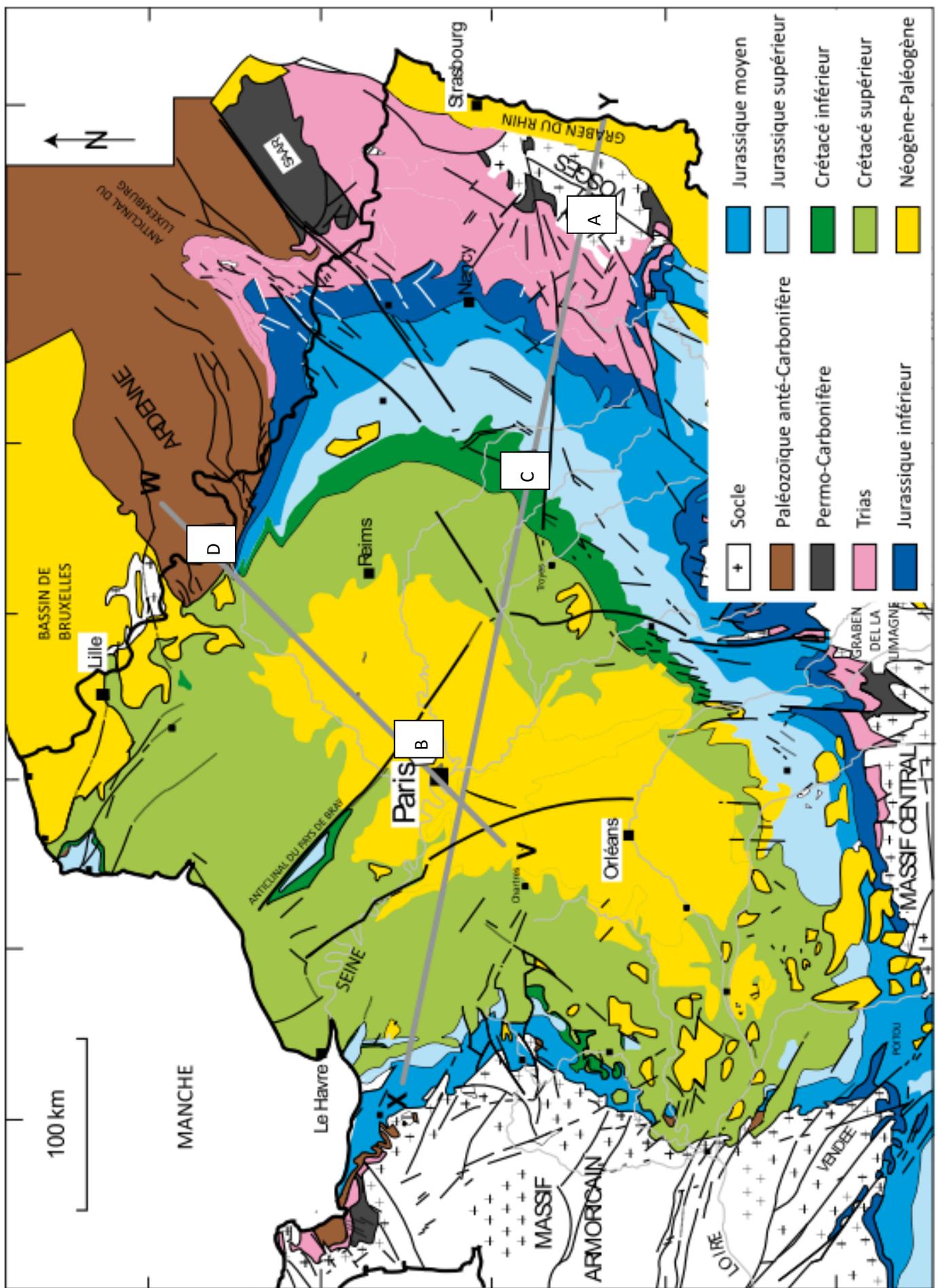


Figure 1 : Carte géologique simplifiée du nord de la France (modifiée d'après Guillocheau *et al.*, 2000).

A DECOUPER ET A COLLER IMPERATIVEMENT SUR VOTRE COPIE



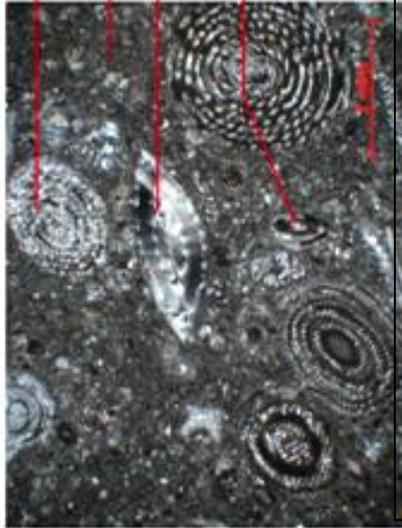
A / AGE : 330 Ma

TEXTURE
GRENUE
NOM GRANITE



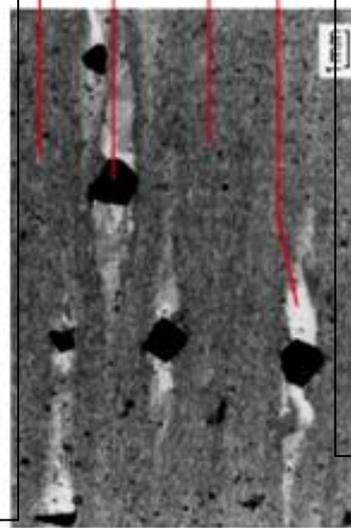
C / Portion de colonne vertébrale d'*Iguanodon bernissartensis* (Dinosaures), dans des faciès détritiques deltaïques.

AGEMESOZOIQUE,
Crétacé inférieur



B / AGE : CENOZOIQUE, Eocène

TEXTURE : Matrice – Support
NOM : Biomicrite, calcaire à foraminifères



D / AGE : Cambrien.

TEXTURE :
Présence d'une schistosité de flux et d'ombres
de pression témoins de cisaillement simple
NOM : Schiste

Figure 2 : Echantillons récoltés sur le terrain en différents lieux et de différents âges. Complétez la légende et placez ces échantillons dans leur pastille hexagonale respective sur la figure 1.

A DECOUPER ET A COLLER IMPERATIVEMENT SUR VOTRE COPIE