

# EPREUVE DE GEOSCIENCES (2H)

---

## Quelques aspects de la géologie du Nord de la France métropolitaine

Cette épreuve comporte **7 questions** pour lesquelles vous sont fournies une **indication de temps de résolution conseillé** et éventuellement une **aide à résolution**.

**En aucun cas l'aide à résolution ne se substitue à la question.**

**N.B. : Certaines figures sont à rendre avec la copie : vous annoterez et rendrez uniquement vos planches noir et blanc ; aucune annotation ne sera portée sur les planches couleur qui vous seront distribuées et qui seront récupérées en fin d'épreuve.**

### 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)*

*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)*

### 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)*

#### *Aide à résolution*

*Les traits de couleur figurés sur le profil sismique de la figure 8 indiquent des niveaux stratigraphiques isochrones.*

*A partir de la série stratigraphique de la figure 7, interprétez le profil sismique réflexion (figure 8) en surlignant le (ou les) accident(s) tectonique(s) et les réflecteurs délimitant les horizons stratigraphiques repérés sur les bordures droite et gauche du profil.*

*Précisez les caractéristiques de (ou des) accident (s) tectonique (s) identifié(s).*

*Comparez les colonnes stratigraphiques des figures 3 et 7 ; cela doit vous permettre de mettre en évidence quelques particularités du remplissage sédimentaire du fossé par rapport au comblement du Bassin parisien alors que ces deux secteurs sont géographiquement voisins.*

## B. Le Bassin parisien

*B1 : A partir de l'ensemble des données étudiées dans les questions précédentes, et à l'aide vos connaissances générales (vous préciserez à quel moment de votre démarche elles seront éventuellement intervenues pour compléter les données), réalisez la coupe géologique le long du profil X-Y tracé sur la figure 1. (30 mn)*

### *Aide à résolution*

*Pour la topographie, vous vous aiderez notamment des données de la figure 9 et de vos connaissances géographiques générales des reliefs du Nord de la France.*

*Tout en respectant son allure générale, le profil topographique restera approximatif et sera donc rapidement tracé. Placez sur chacun des profils quelques repères toponymiques. Vous devrez vous aider des données (isobathes, épaisseurs apparentes, et coupes stratigraphiques) des figures 1, 3, 4, 5 et 7 pour estimer les épaisseurs des différentes couches, et pour déterminer la profondeur du socle.*

*Les failles normales seront représentées avec un pendage de 60°, les failles inverses avec un pendage de 30°, et les failles décrochantes avec un pendage de 90°. Les failles dont les données à votre disposition ne suffiraient pas à estimer le pendage seront supposées verticales.*

Le long de la faille de Vittel, un séisme, proche de la surface, s'est produit au point S, matérialisé sur la figure 5 avec représentation de son mécanisme au foyer. Trois stations sismiques notées Q1, Q2 et Q3 ont enregistré ce séisme. Les temps d'arrivée des ondes P réfléchies par le Moho à ces différentes stations, sont reportés dans le tableau 1. La vitesse moyenne des ondes P est d'environ  $5 \text{ km.s}^{-1}$ .

Tableau 1

Stations	Temps d'arrivée des ondes P réfléchies (en secondes)
Q1	14,3
Q2	22,1
Q3	32

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

### *Aide à résolution*

*On pourra utiliser des informations présentes sur l'extrait de la carte au millionième reproduit sur la figure 5 autre que le mécanisme au foyer pour exploiter les données sismologiques fournies.*

Dans la région Ile-de-France, on recense 5 grandes nappes d'eaux souterraines présentes au sein de 5 formations sédimentaires aquifères superposées et dont les âges sont compris entre le Crétacé inférieur et l'Oligocène (figure 10 et tableau 2).

Alors que 4 de ces nappes sont libres et que leurs formations aquifères affleurent dans un secteur au moins de l'Ile-de-France, l'aquifère de l'Albien n'affleure pas dans cette région et l'eau qu'il contient est exploitée uniquement grâce à des forages.

Le premier forage ayant atteint la nappe de l'Albien fut achevé en 1841 à Grenelle (Paris). Le toit de l'aquifère fut atteint à 548 m de profondeur et l'eau jaillit à près de 33 m au dessus du sol ; ce jaillissement caractérise un puits qualifié d'artésien (jaillissement mis en évidence pour la première fois en Artois en 1126, d'où son nom).

**TABLEAU 2** LITHOLOGIE DES FORMATIONS SEDIMENTAIRES DU BASSIN DE PARIS D'AGES CRETACE A QUATERNAIRE ET NAPPES ASSOCIEES.

Formation sédimentaire	Âge	Nappe d'eau souterraine
Alluvions et limons	Quaternaire	
Calcaire de Beauce	Oligocène	Nappe de l'Oligocène
Sables de Fontainebleau		
Calcaire de Brie		
Marnes vertes		
Calcaire de Champigny	Éocène supérieur	Nappe du Calcaire de Champigny
Marnes infragypseuses		
Calcaire de Saint-Ouen		
Sables de Beauchamp		
Marnes du Lutétien	Éocène moyen	
Calcaire grossier du Lutétien		
Sables du Soissonnais et de Cuise	Éocène inférieur	Nappe de l'Éocène inférieur et moyen
Argiles du Sparnacien		
Calcaire du Montien		
Craie du Sénonien, Turonien, Cénomaniens	Crétacé supérieur	Nappe de la Craie
Argiles de l'Albien	Crétacé inférieur	
Sables de l'Albien		

**TABLEAU 3** POROSITE TOTALE, POROSITE CONNECTEE, ET PERMEABILITE DE QUELQUES ROCHES

Roches	Porosité totale (en %)	Porosité efficace (en %)	Perméabilité (en m/s)
Graviers	20 - 40	15 - 25	$10^{-2}$
Sables	30 - 35	10 - 15	$10^{-5}$ à $10^{-2}$
Grès	5 - 25	2 - 15	$10^{-5}$
Craie non fissurée	10 - 40	1 - 5	$10^{-9}$ à $10^{-7}$
Craie fissurée		5 - 10	$10^{-5}$ à $10^{-3}$
Calcaires massifs fracturés	1 - 10	1 - 5	$10^{-6}$ à $10^{-5}$
Argilites	40 - 50	1 - 2	$10^{-18}$ à $10^{-12}$
Schistes métamorphiques	1 - 10	0,1 - 2	$10^{-13}$ à $10^{-10}$
Granites compacts	< 0,5	< 0,1	$10^{-16}$ à $10^{-11}$
Granites fracturés	0,1 - 5	0,1 - 2	$10^{-7}$ à $10^{-3}$

La distinction entre roches perméables et imperméables est arbitrairement faite pour des perméabilités respectivement supérieures et inférieures à  $10^{-9}$  m/s.

**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)

**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)

Aide à résolution

Un schéma peut vous aider à formaliser votre réponse à la question B4.

*Des connaissances complémentaires pour vous permettre d'aborder les questions B3 et B4.*

Deux propriétés essentielles rendent compte de la capacité des roches à contenir et à laisser circuler des fluides : leur porosité et leur perméabilité.

La porosité totale d'une roche est le pourcentage en volume des interstices et fissures d'une roche ; on distingue parfois la porosité totale d'une roche de sa porosité efficace, pourcentage en volume des interstices et fissures connectés au sein desquels les fluides peuvent s'écouler.

La perméabilité d'une roche est définie par le débit de fluide (eau ou autres fluides) qui peut passer à travers une section de roche définie, pour une pente d'écoulement donnée appelée gradient hydraulique. On l'exprime en général par un coefficient de perméabilité dont l'unité (Darcy) est homogène au  $m^2$ . Un Darcy (D) correspond à la perméabilité d'un milieu dans lequel un fluide de même viscosité que l'eau à 20 °C, soumis à un gradient de pression de 1 atm/cm (1 atm  $\approx$  0,1 MPa), s'écoule à la vitesse de 1 cm/s. On exprime aussi souvent la perméabilité en m/s (conductivité hydraulique) et  $1D \approx 10^{-5}$  m/s. À titre d'exemple, une perméabilité de  $10^{-3}$  m/s correspond à un débit d'un litre traversant  $1m^2$  en 1 seconde avec une pente de 100 % (45°).

Un paramètre couramment utilisé pour caractériser une nappe souterraine est son niveau piézométrique, à savoir le niveau atteint par l'eau dans un puits foré traversant l'aquifère.

Dans un aquifère, lorsque niveau piézométrique et réel coïncident, l'eau qu'il contient y constitue une nappe libre (figure annexe). C'est le cas des nappes alluviales, des zones d'infiltration des grands aquifères sédimentaires régionaux, mais également de la plupart aquifères cristallins.

Par contre, il arrive que dans certains secteurs le niveau piézométrique dépasse celui du toit de l'aquifère, l'eau qu'il contient alors se trouve sous pression, piégée sous une couche imperméable et y forme une nappe captive (figure annexe). Ceci caractérise bien souvent l'eau souterraine présente dans les aquifères sédimentaires profonds, loin de leurs zones de recharge.

Enfin, dans un aquifère, l'eau s'écoule suivant les niveaux piézométriques décroissants.

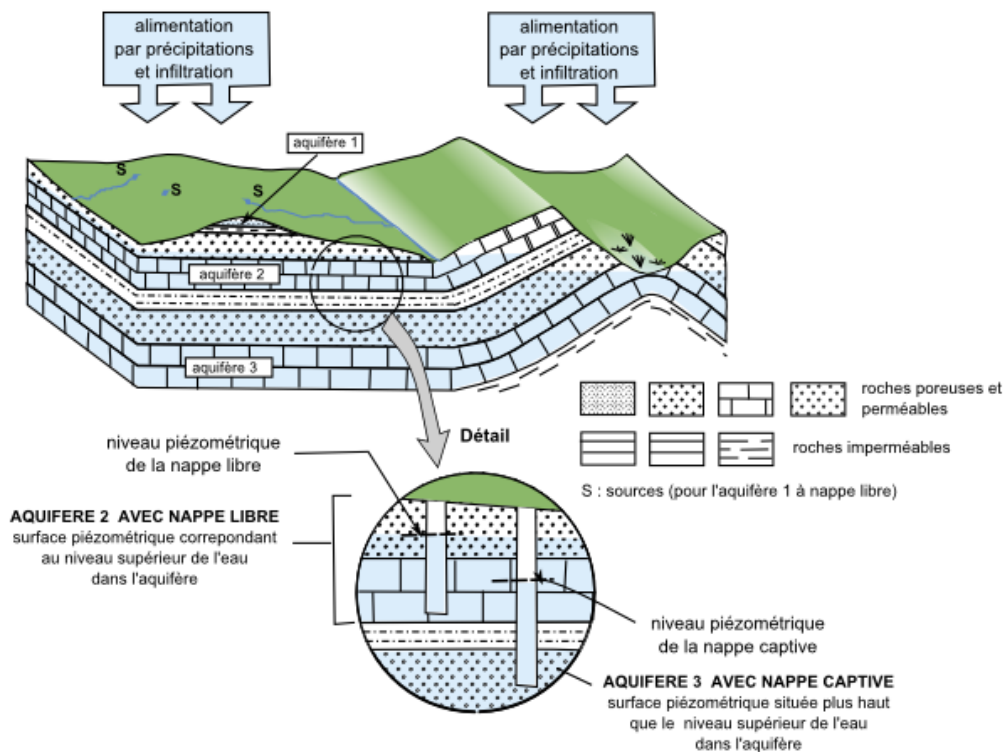


Figure annexe : Aquifères, nappes libres, nappes captives dans les régions sédimentaires

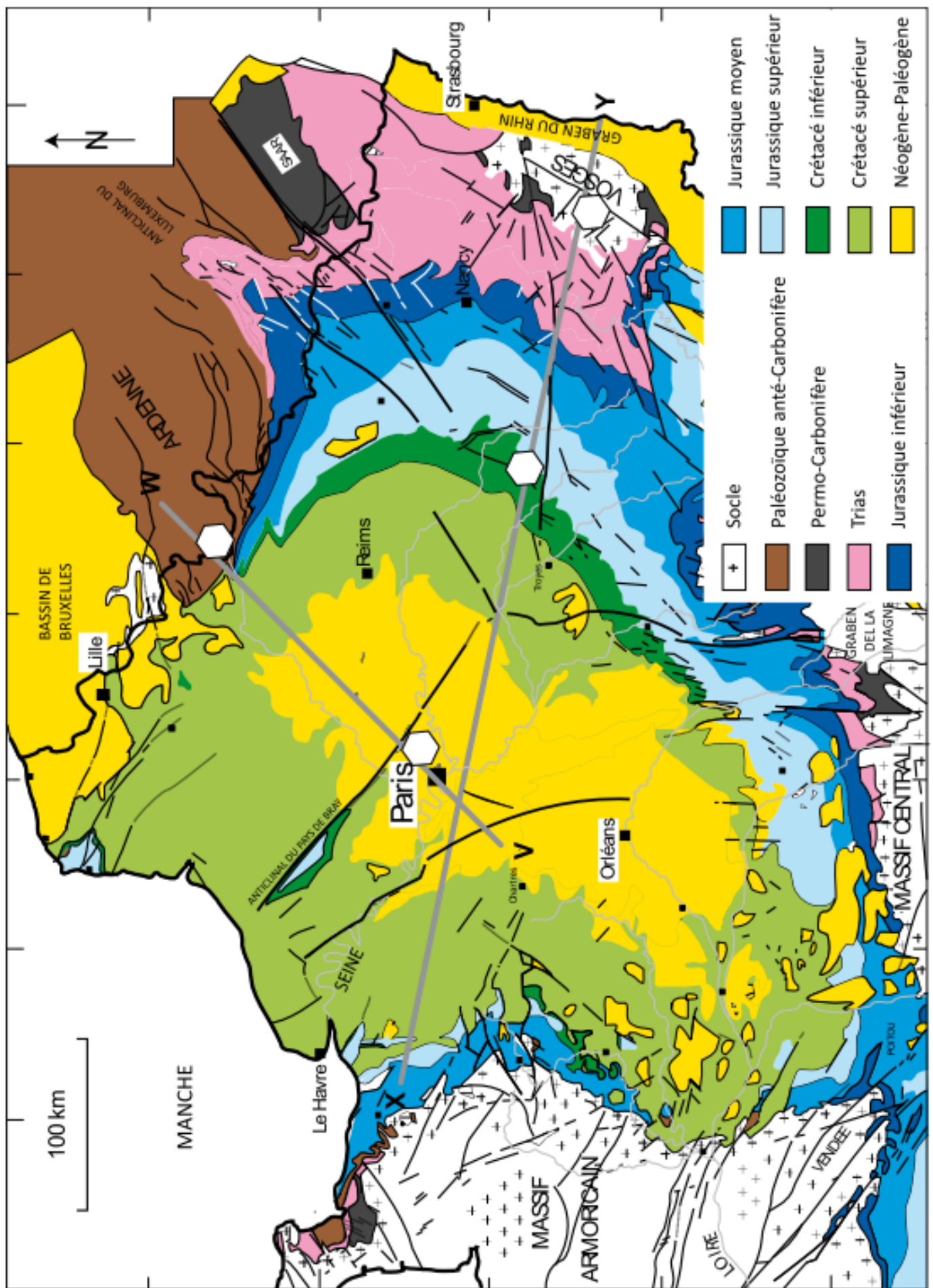
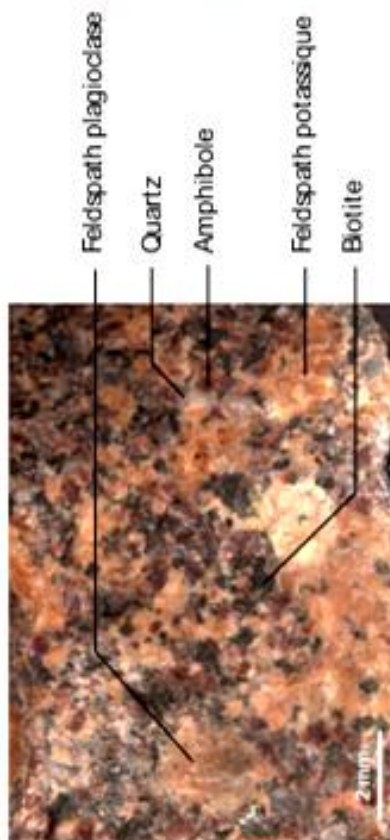


Figure 1 : Carte géologique simplifiée du nord de la France (modifiée d'après Guillocheau et al., 2000).

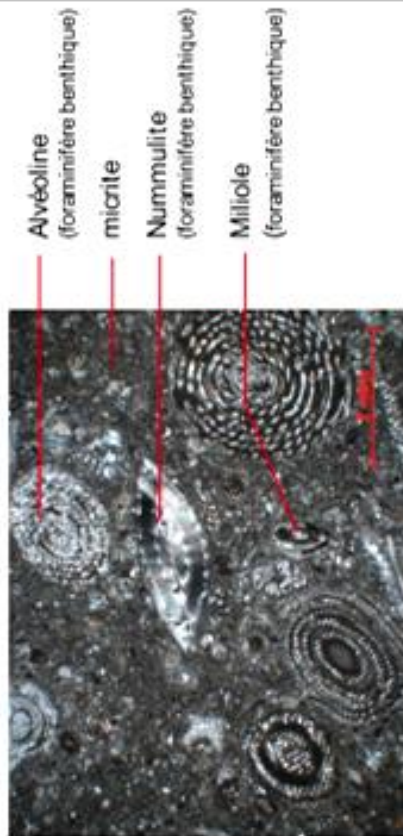
**A DECOUPER ET A COLLER IMPERATIVEMENT SUR VOTRE COPIE**



A / AGE : 330 Ma

TEXTURE :

NOM :



B / AGE :

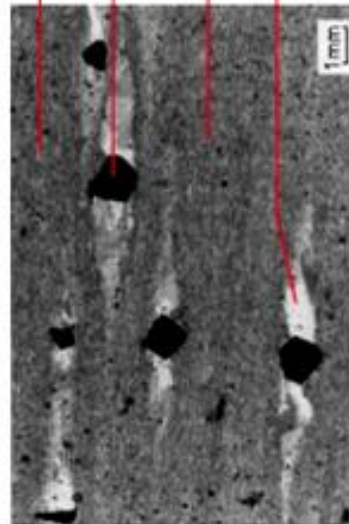
TEXTURE :

NOM :



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

AGE :



D / AGE : Cambrien.

TEXTURE :

NOM :

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**

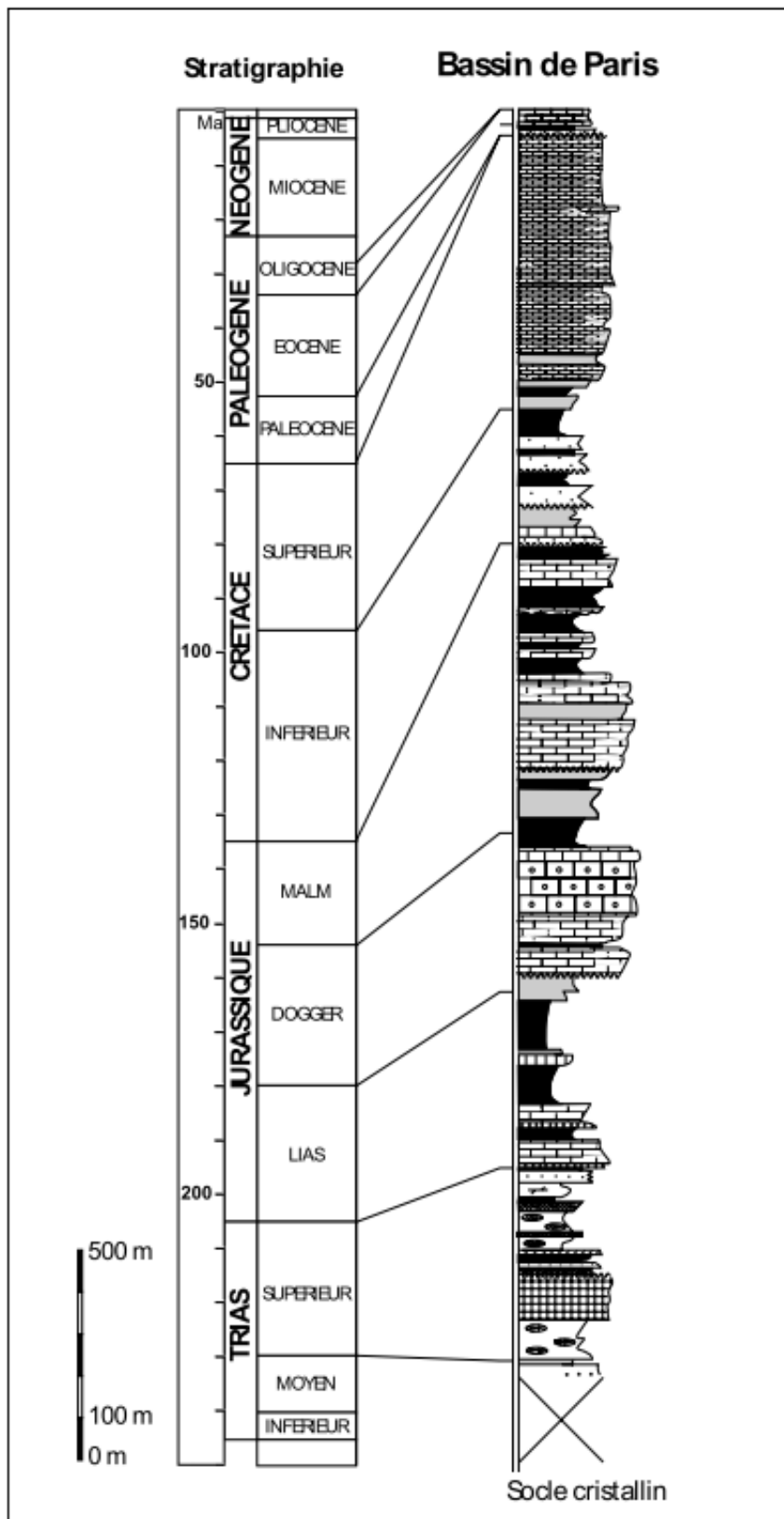


Figure 3 : Série stratigraphique de la région parisienne.

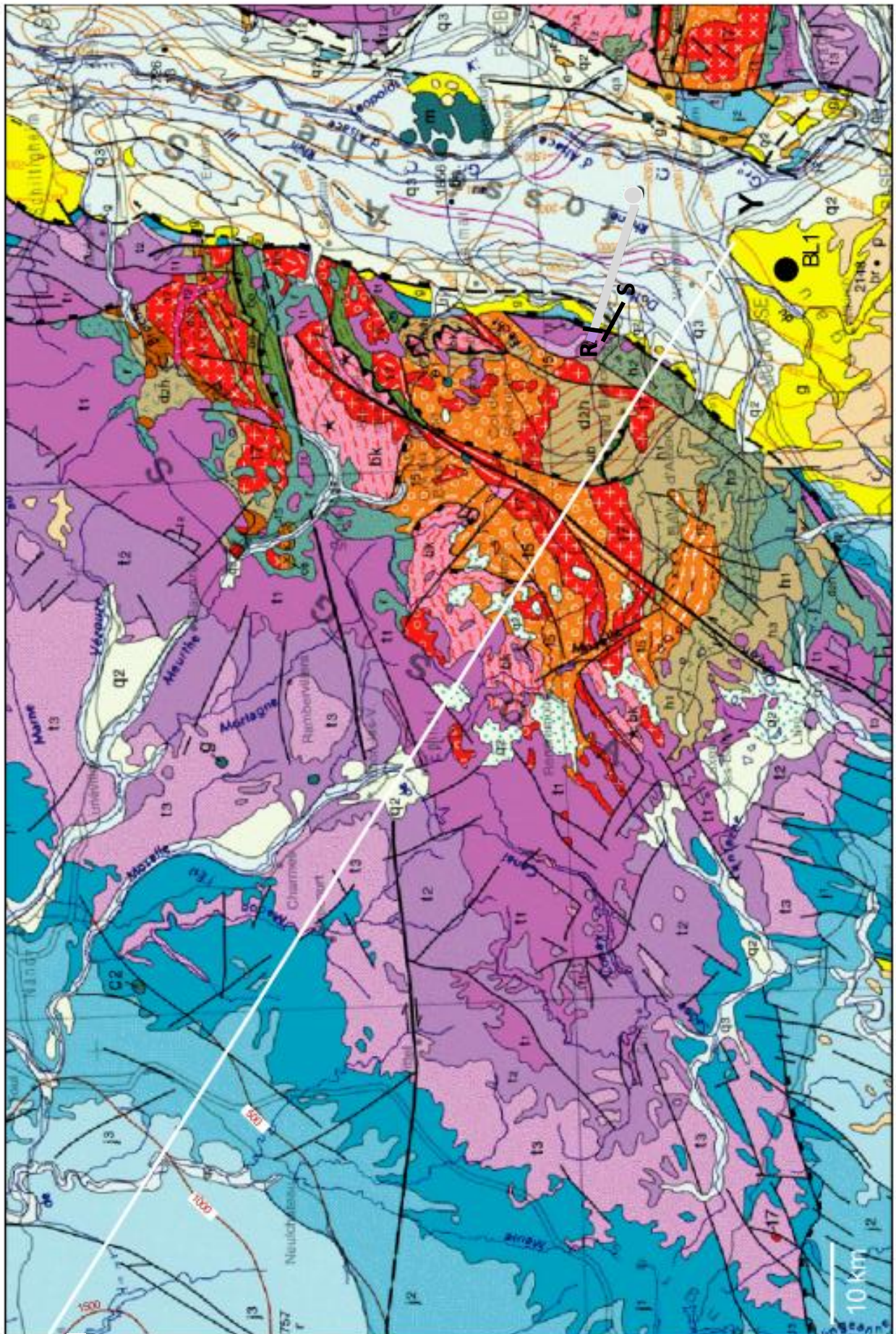


Figure 4: Carte géologique de la région Lorraine-Vosges-Alsace. Le profil régional X-Y de la figure 1, à étudier, est tracé en blanc. Le profil sismique R-S est tracé en noir. Le forage BL1 est indiqué par une pastille noire. La légende est détaillée en figure 7 (source : BRGM).



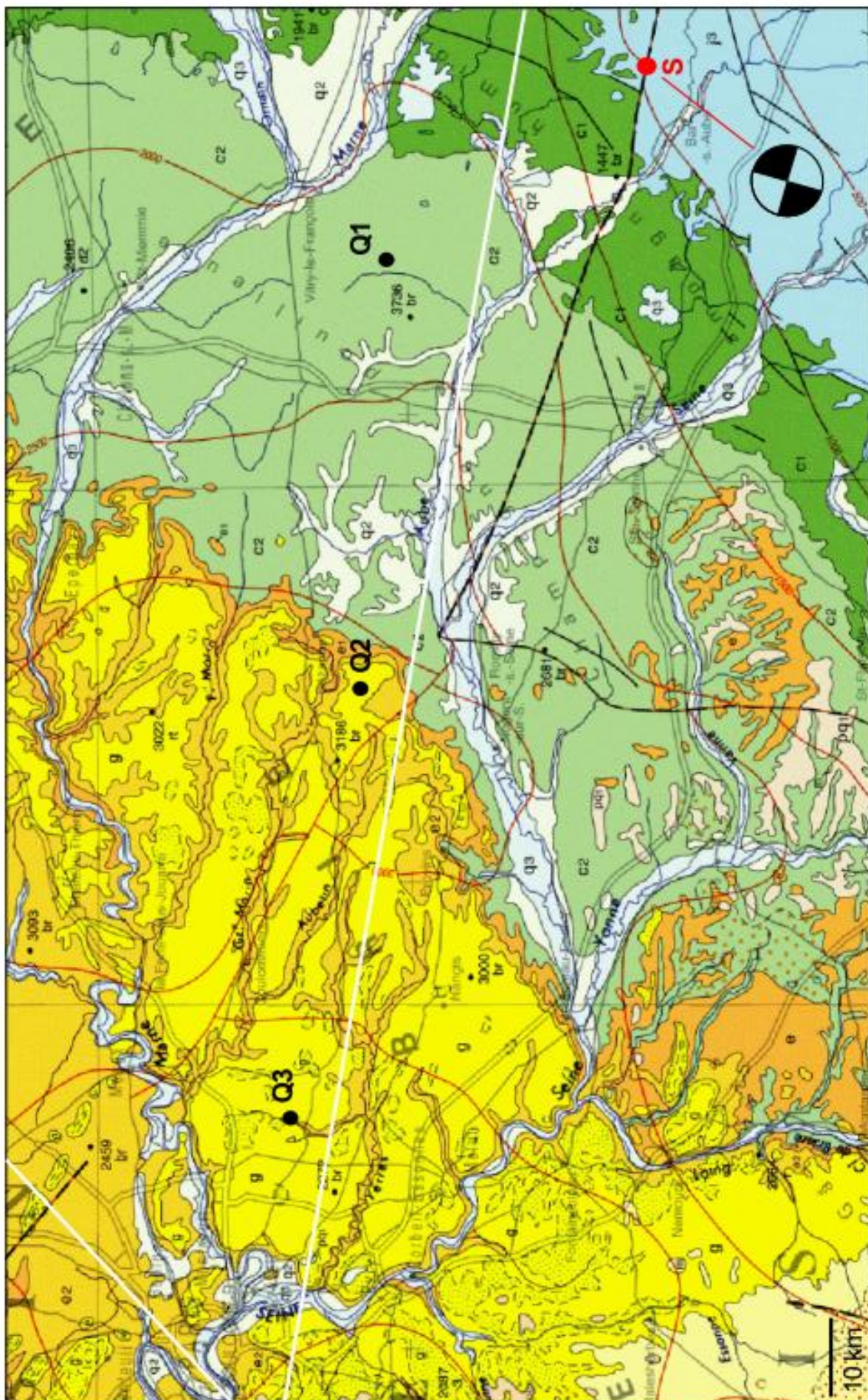


Figure 5 : Carte géologique du centre du Bassin de Paris. Les profils régionaux à étudier sont tracés en blanc. L'épicentre du séisme est indiqué par la pastille nommée S, son mécanisme au foyer est précisé en-dessous, les stations d'enregistrement sont notées Q1, Q2 et Q3.

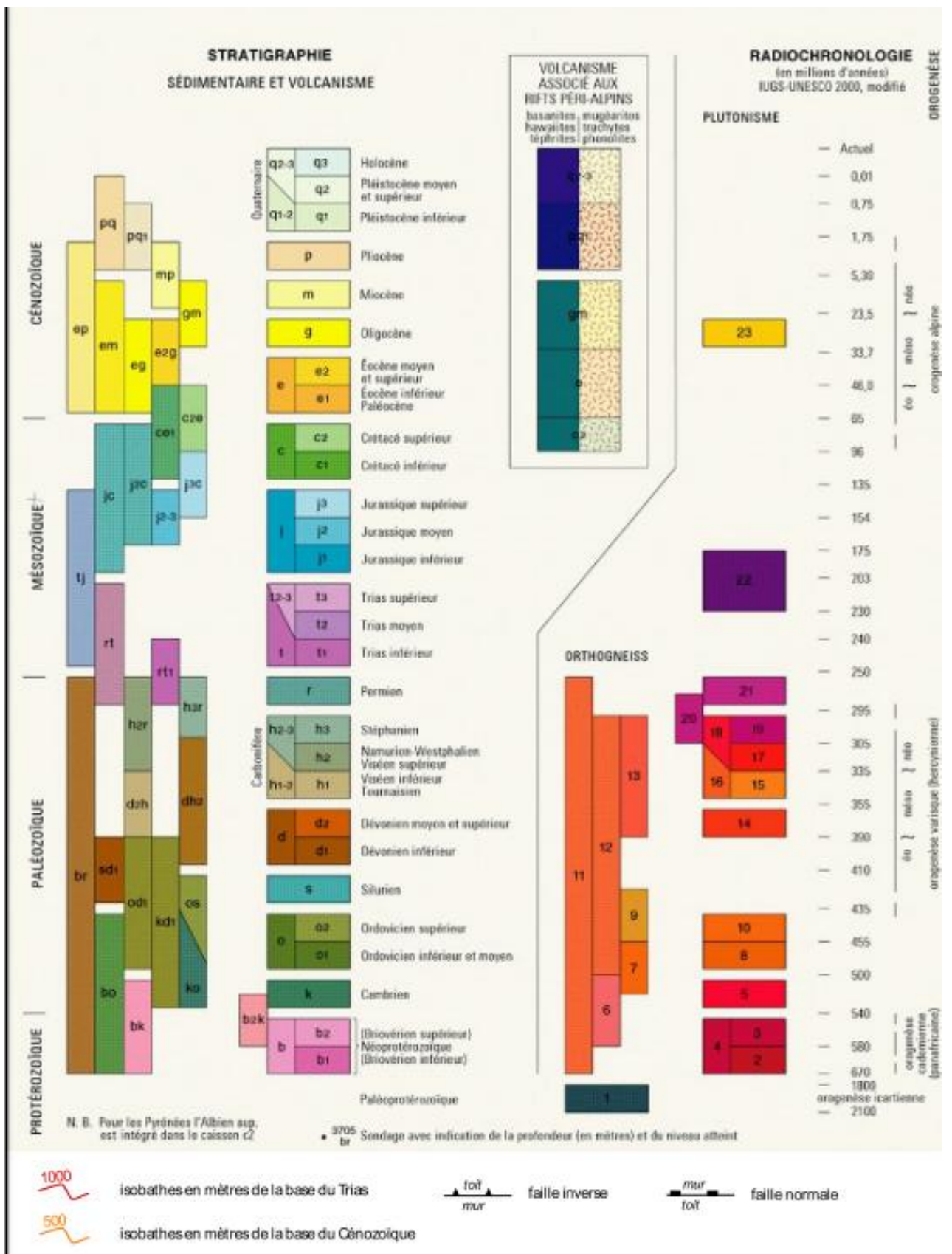


Figure 6 : Légende des cartes géologiques (figures 4, 5). Attention aux isobathes orange, en Alsace, qui correspondent à la base du Cénozoïque. Ceux en rouge correspondent à la base du Trias (source : BRGM).

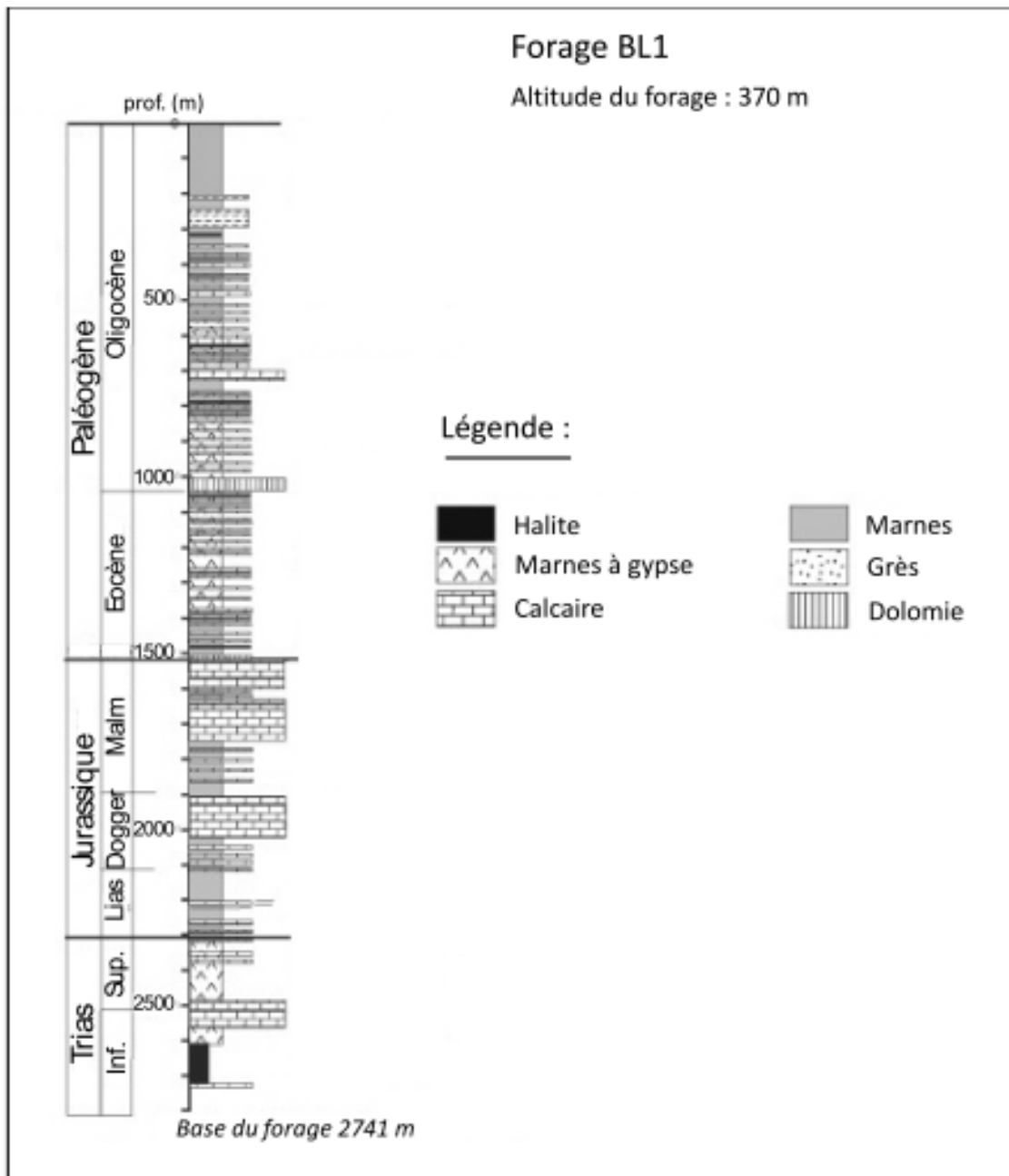


Figure 7: Coupe stratigraphique dans le Fossé rhénan. L'emplacement du forage BL1 est donné figure 4 (d'après Ford *et al.*, 2007).

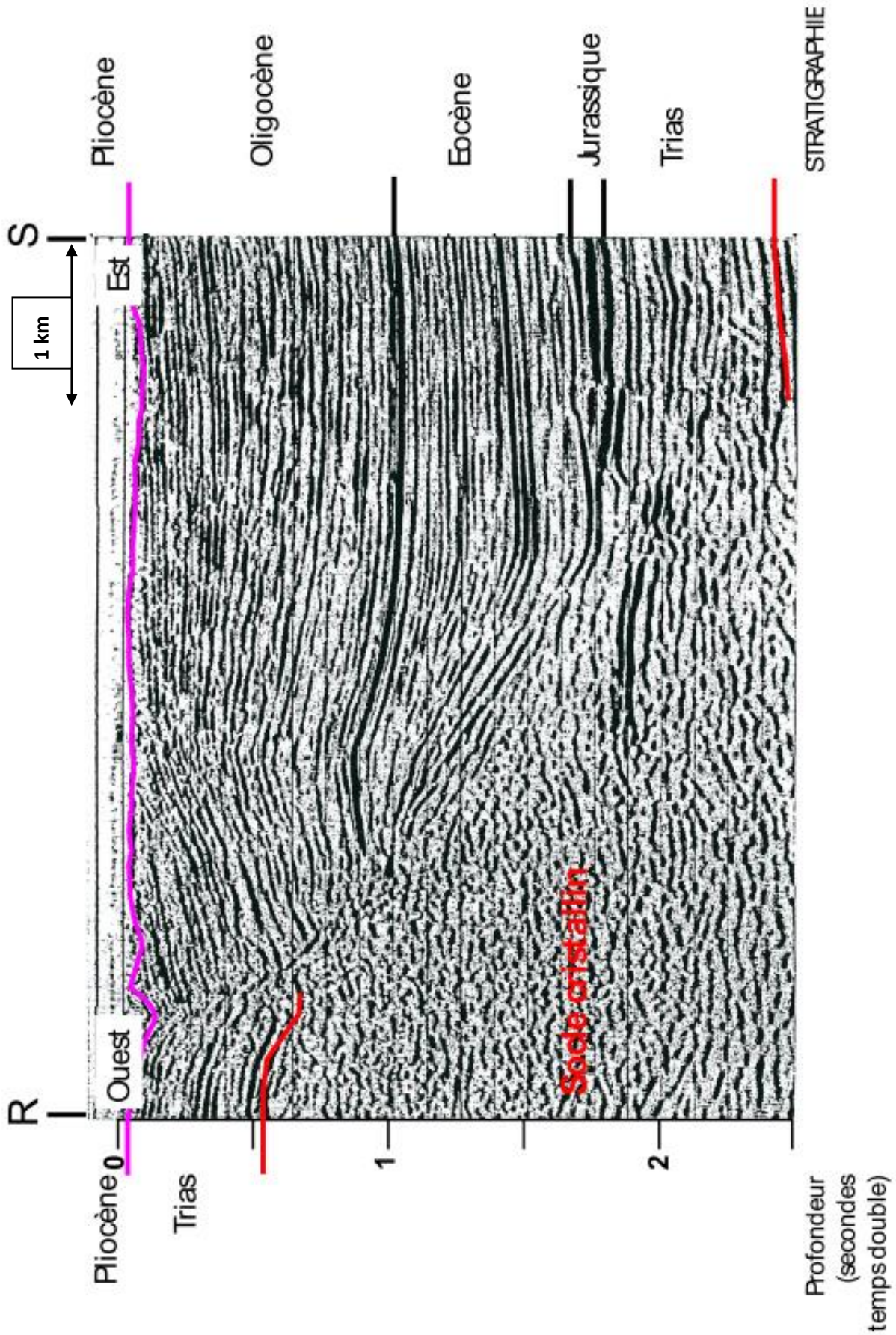


Figure 8 : Profil sismique réflexion réalisé en Alsace. Le profil R-S est tracé figure 4 (d'après Nivière, 1998).

**A DECOUPER ET A COLLER IMPERATIVEMENT SUR VOTRE COPIE**

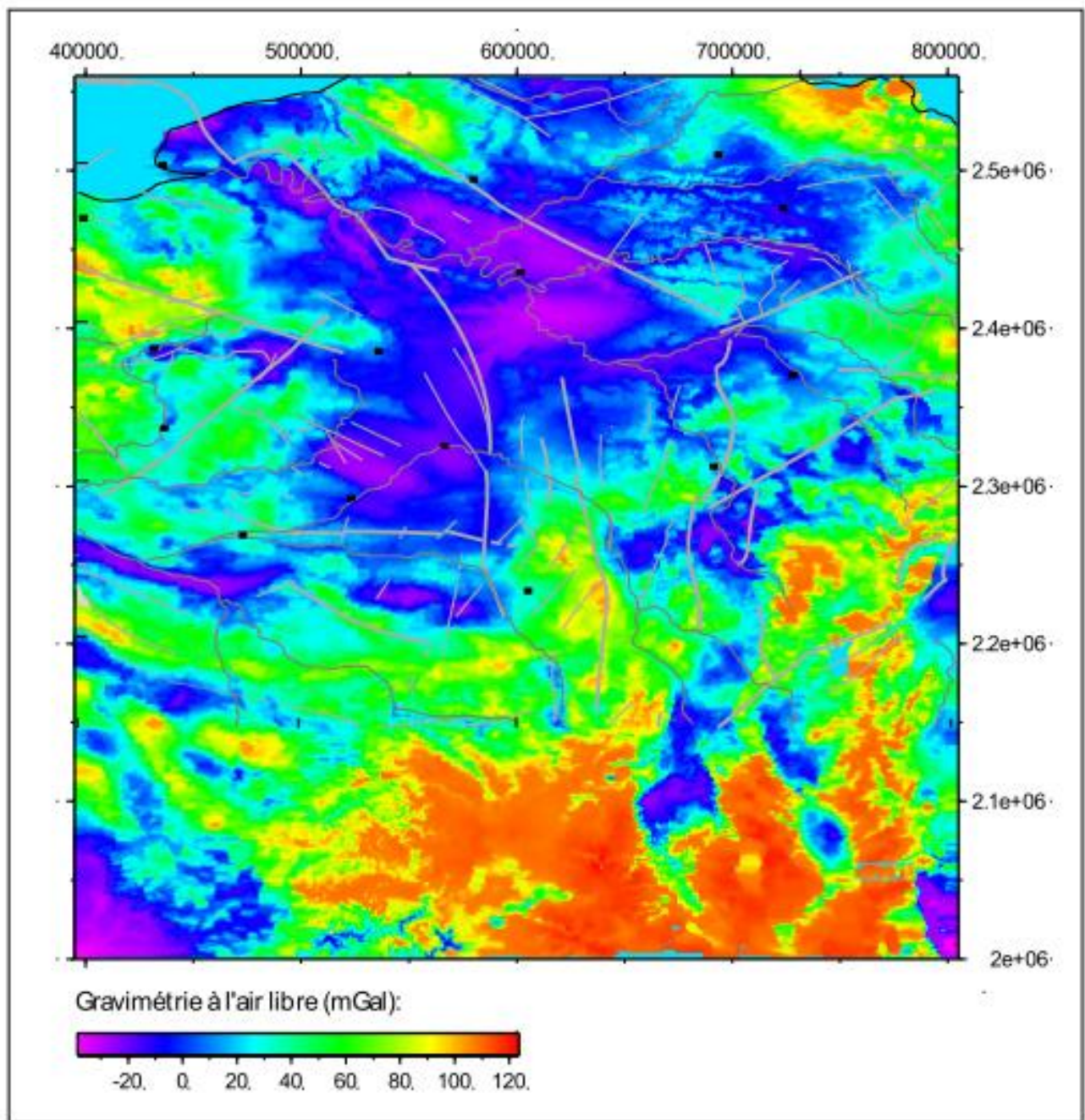
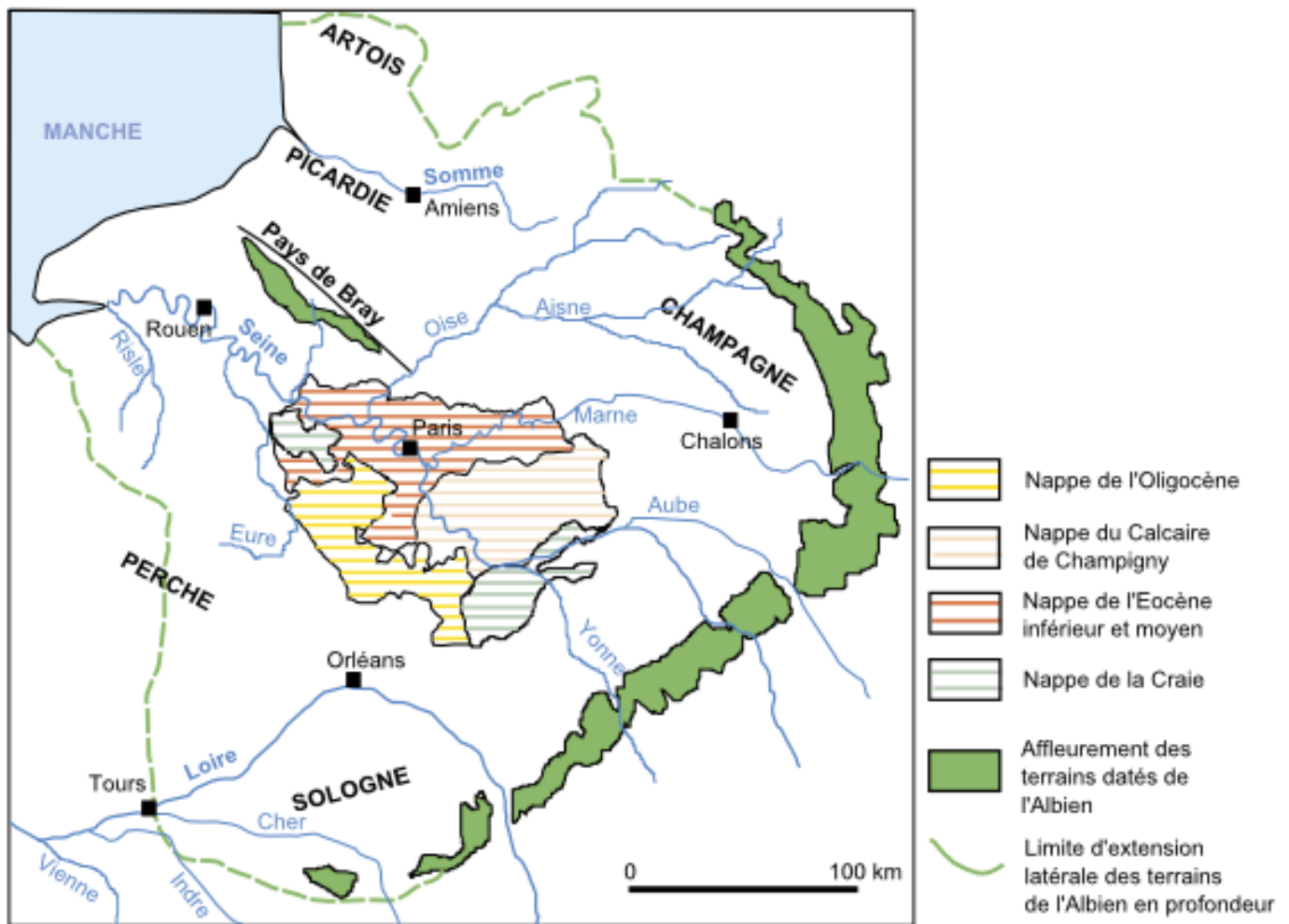


Figure 9 : Cartographie des anomalies gravimétriques à l'air libre en France.



**Figure 10** Zones d'affleurement des aquifères du bassin de Paris portant les nappes exploitées en Ile-de-France