

La formation des Pyrénées

Sébastien Zaragosi

Université de Bordeaux

<http://www.zaragosi.fr>

université
de **BORDEAUX**



Sous la
direction
de
Jean-Yves
DANIEL

SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

André
BRAHIC

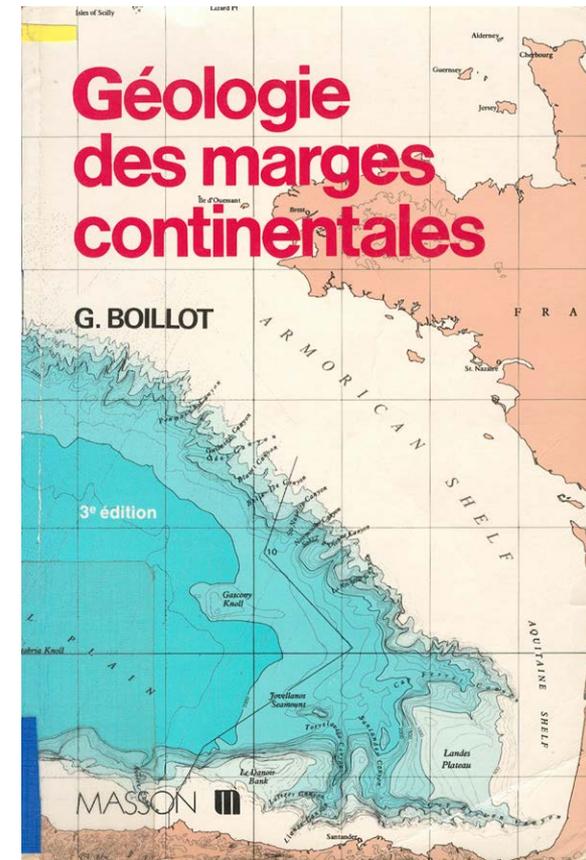
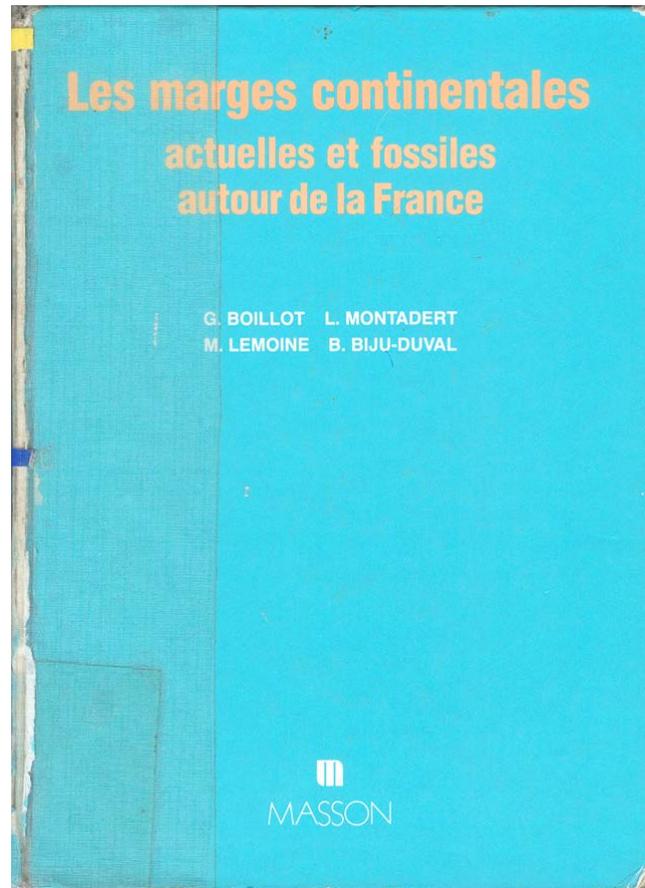
Michel
HOFFERT

André
SCHAAF

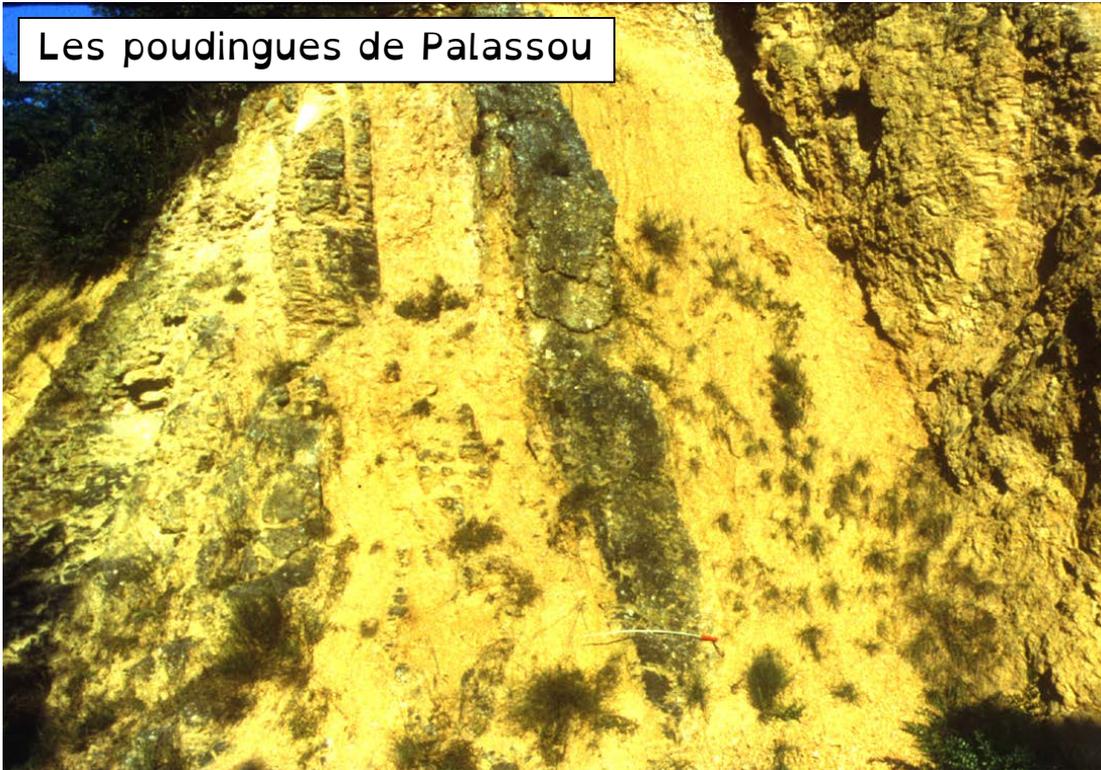
Marc
TARDY



Vuibert



Les poudingues de Palassou



Roche détritique fluviatile (torrentielle) → **Éocène sup.**
→ poudingues syn-orogéniques.

Remplissage d'un bassin d'avant chaîne
→ fermeture du sillon Nord-Pyrénéen.

La formation des Pyrénées

I. La structure profonde la marge du Golfe de Gascogne et des Pyrénées

A. Méthodes d'étude

La sismique réflexion

B. Analyse des profils sismique réflexion sur la marge du golfe de Gascogne

C. Analyse du profil ECORS des Pyrénées

II. Reconstitution cinématique de la position de la plaque ibérique

A. Méthode d'étude

Le géomagnétisme

B. Les paléo-directions du champs magnétique au Trias

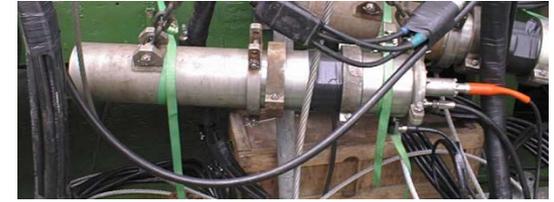
C. Datation de l'ouverture du golfe de Gascogne

D. Les anomalies magnétiques du fond océanique du golfe de Gascogne

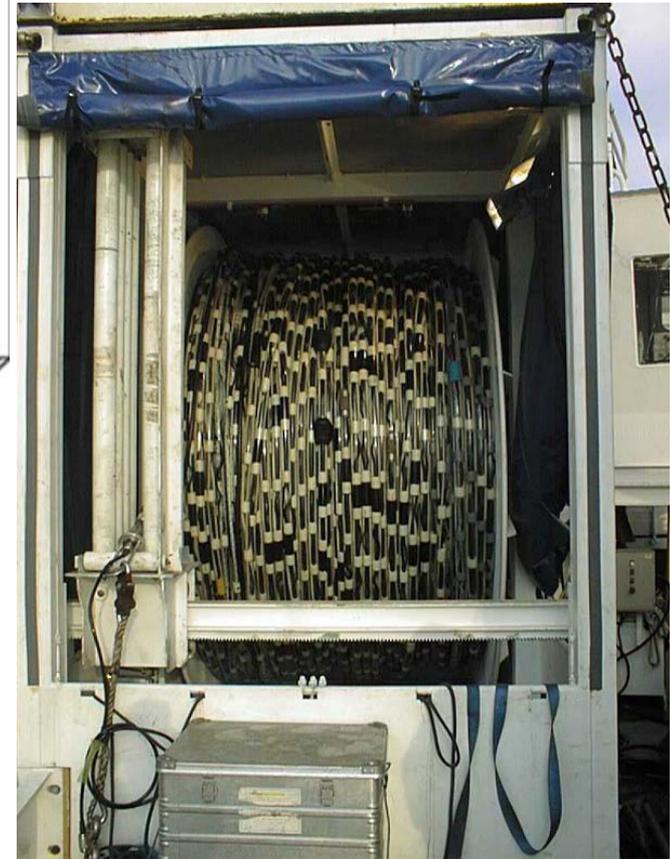
III. Synthèse

A. Histoire de la migration de la plaque ibérique

B. Cartes paléogéographiques

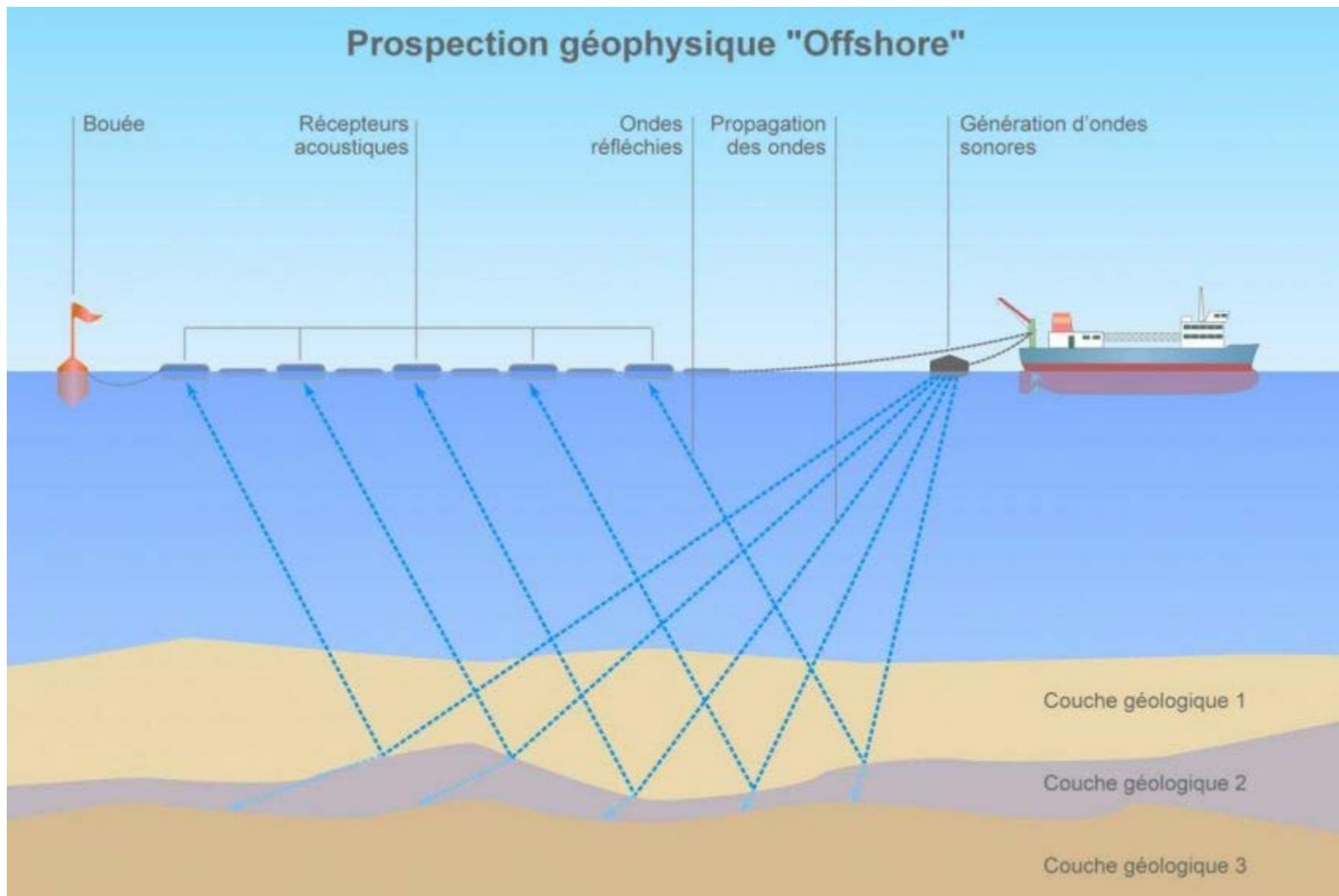


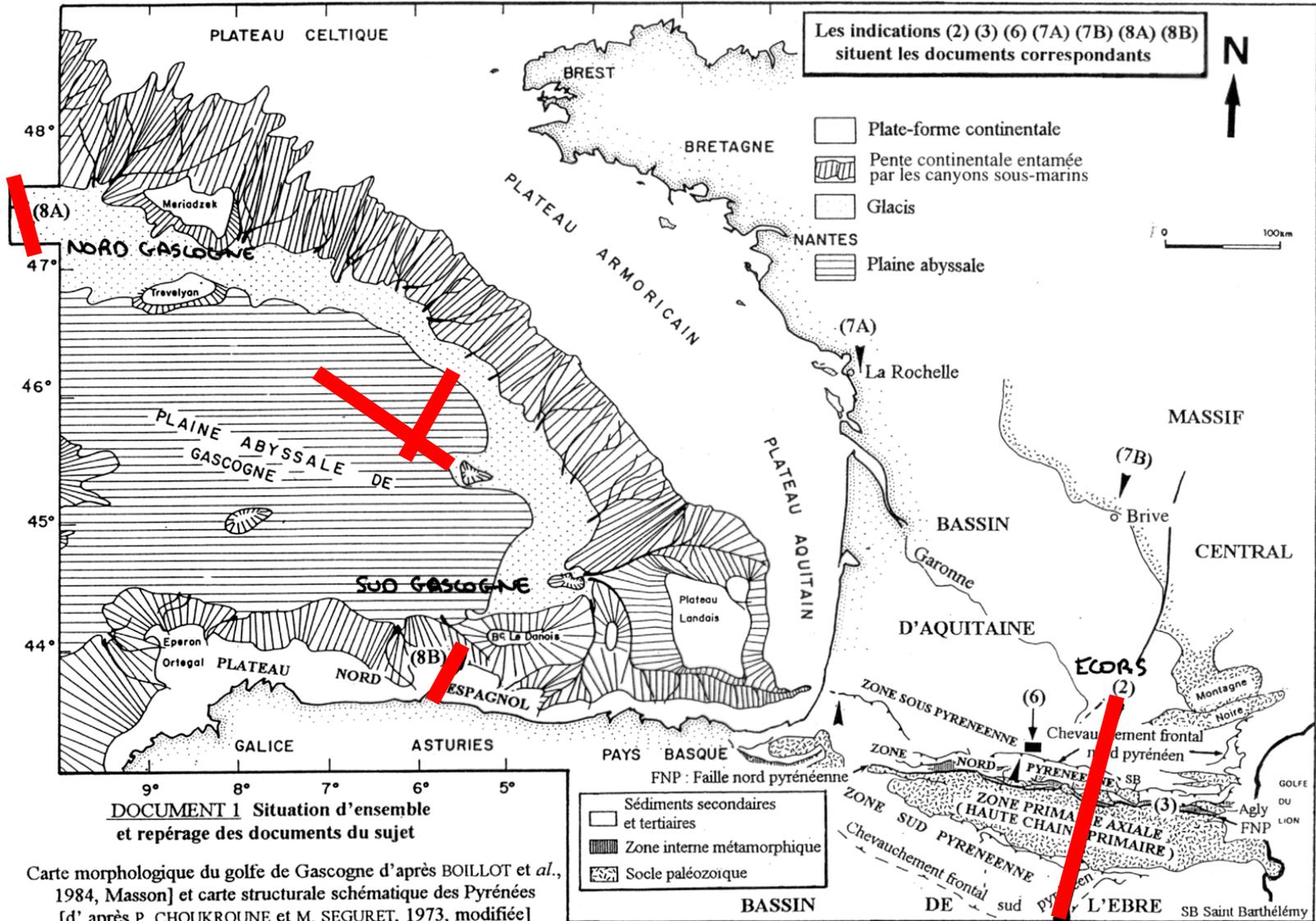
Émission : Canon à air

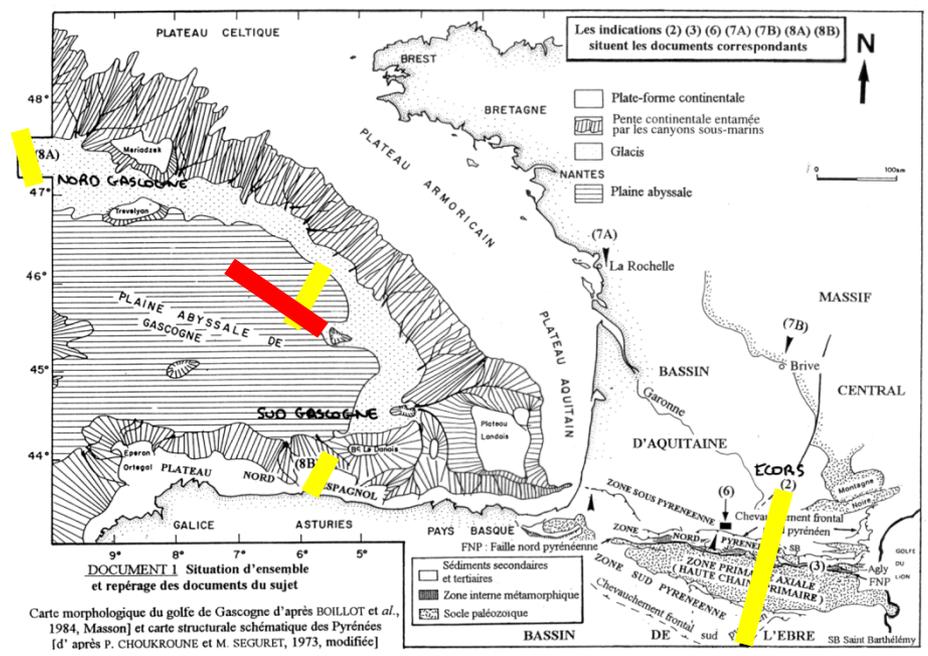


Réception : flûte d'hydrophones

Planete-energies.com



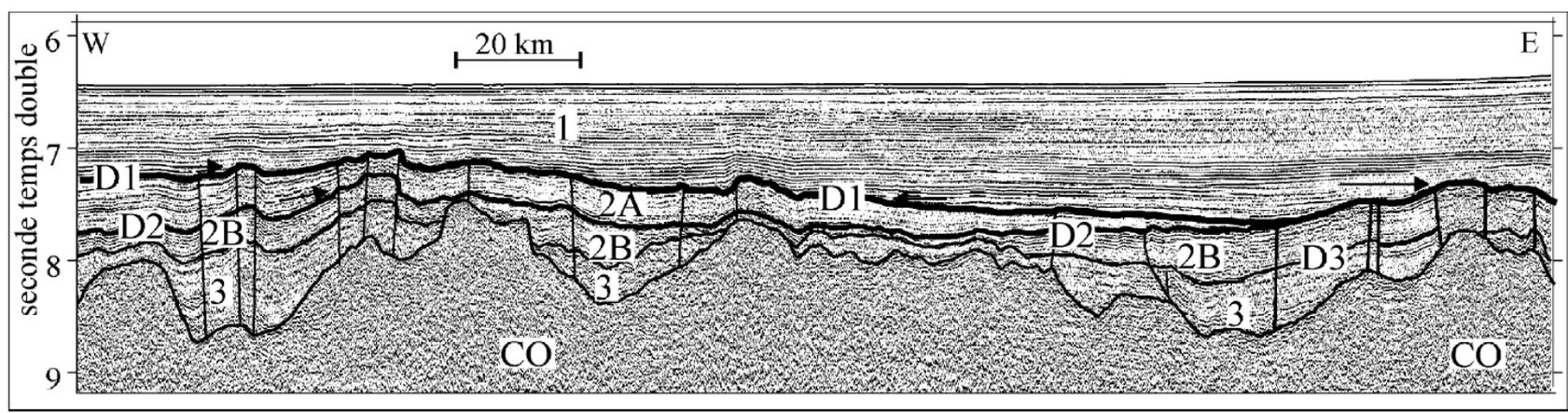




Croûte océanique (CO) du Crétacé inf. (Aptien au Cénomaniens) → au niveau de ce profil : arrêt de l'accrétion océanique vers 90Ma.

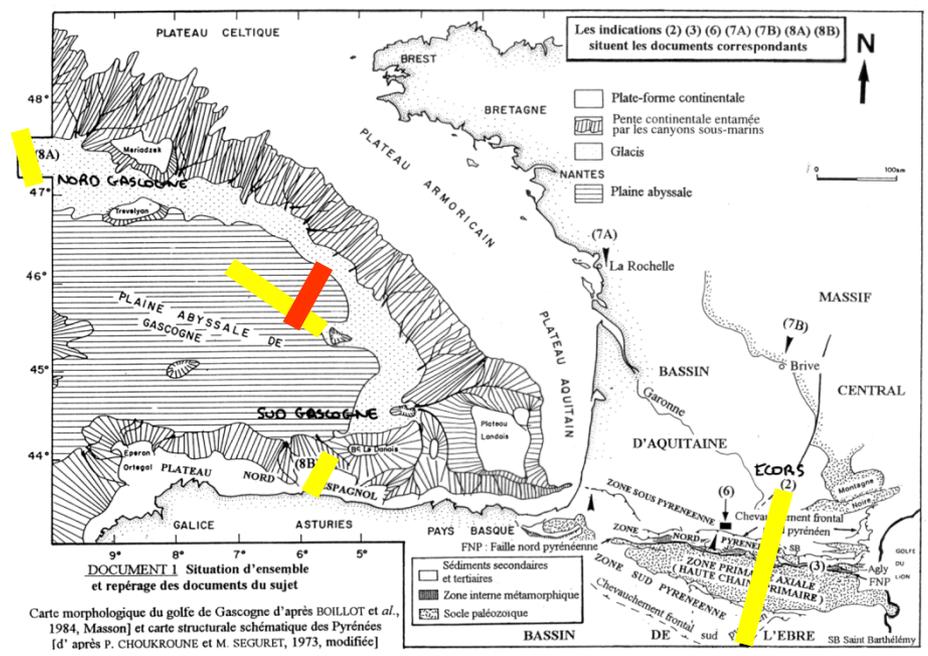
Unités 3, 2B & 2A : formations sédimentaires déformées du Crétacé sup. à l'Eocène.

Unité 1 : Formations sédimentaires non déformées de l'Eocène à l'actuel.



Thinin, I. et al. 2001, Déformations pyrénéennes dans le golfe de Gascogne C.R.A.S.S.

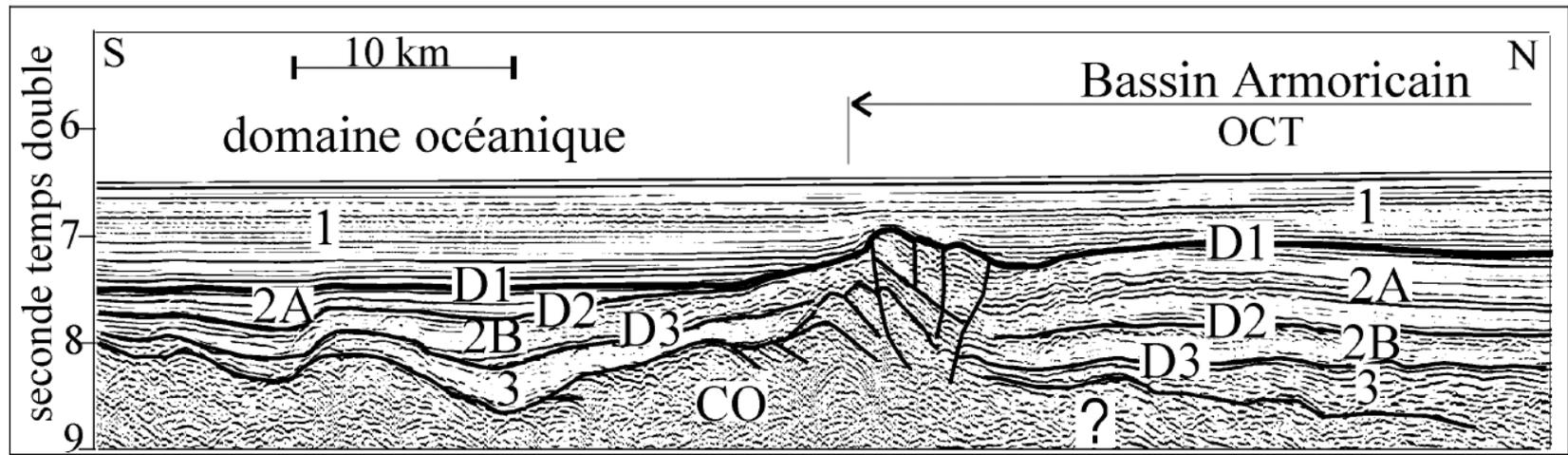




Croûte océanique (CO) du Crétacé inf. (Aptien au Cénomaniens) → au niveau de ce profil : arrêt de l'accrétion océanique vers 90Ma.

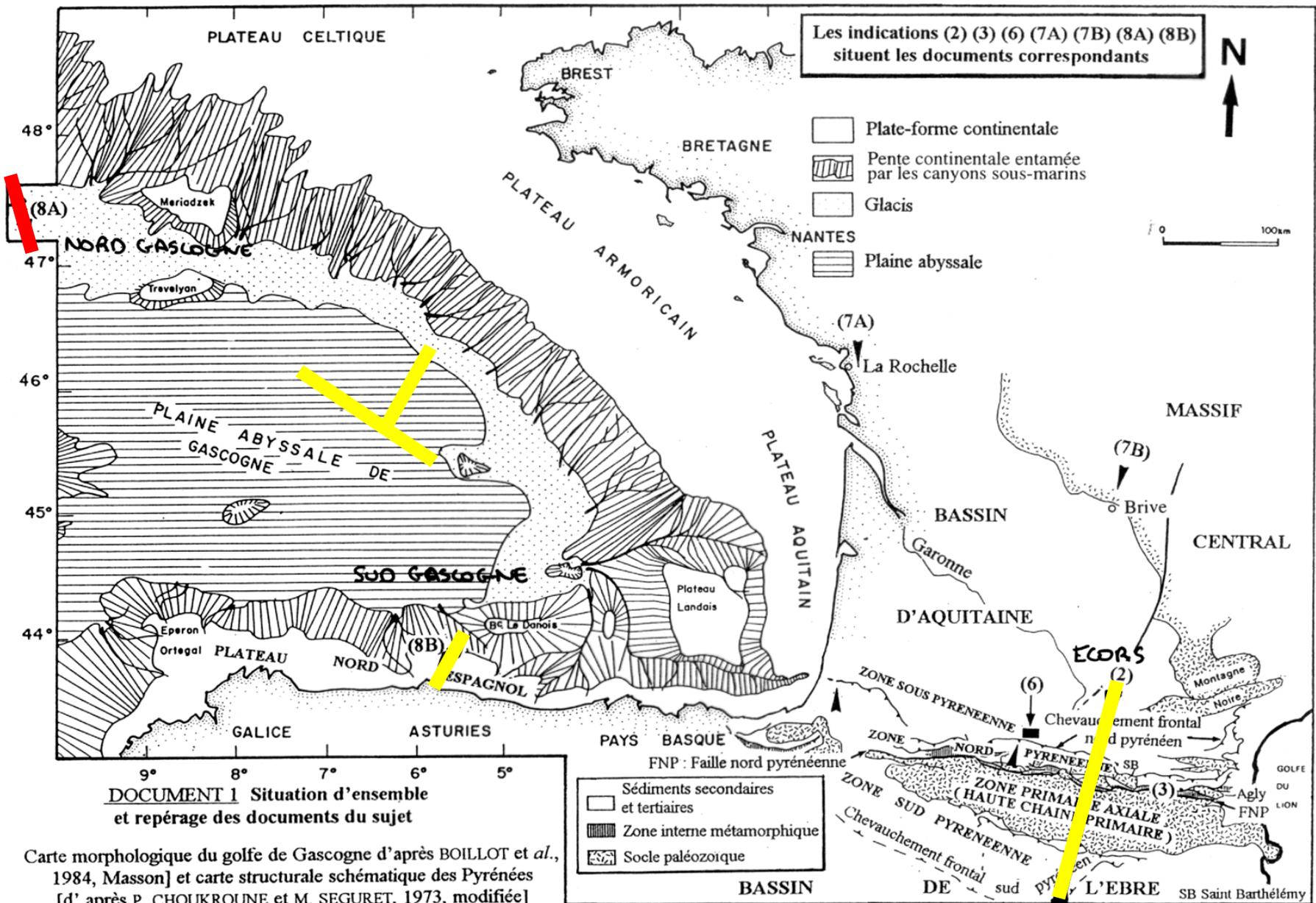
Unités 3, 2B & 2A : formations sédimentaires déformées du Crétacé sup. à l'Eocène.

Unité 1 : Formations sédimentaires non déformées de l'Eocène à l'actuel.



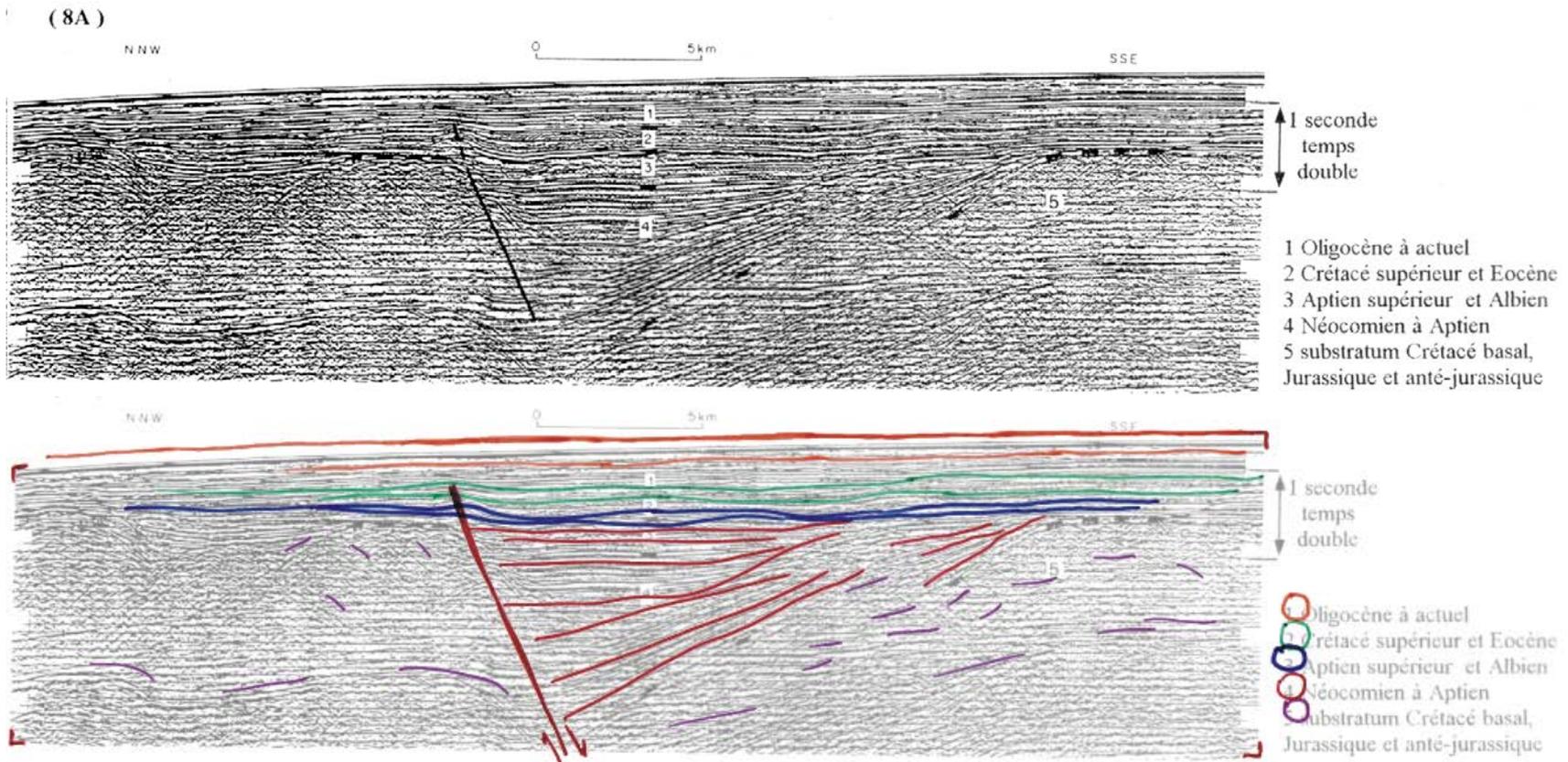
Thinin, I. et al. 2001, Déformations pyrénéennes dans le golfe de Gascogne C.R.A.S.S.

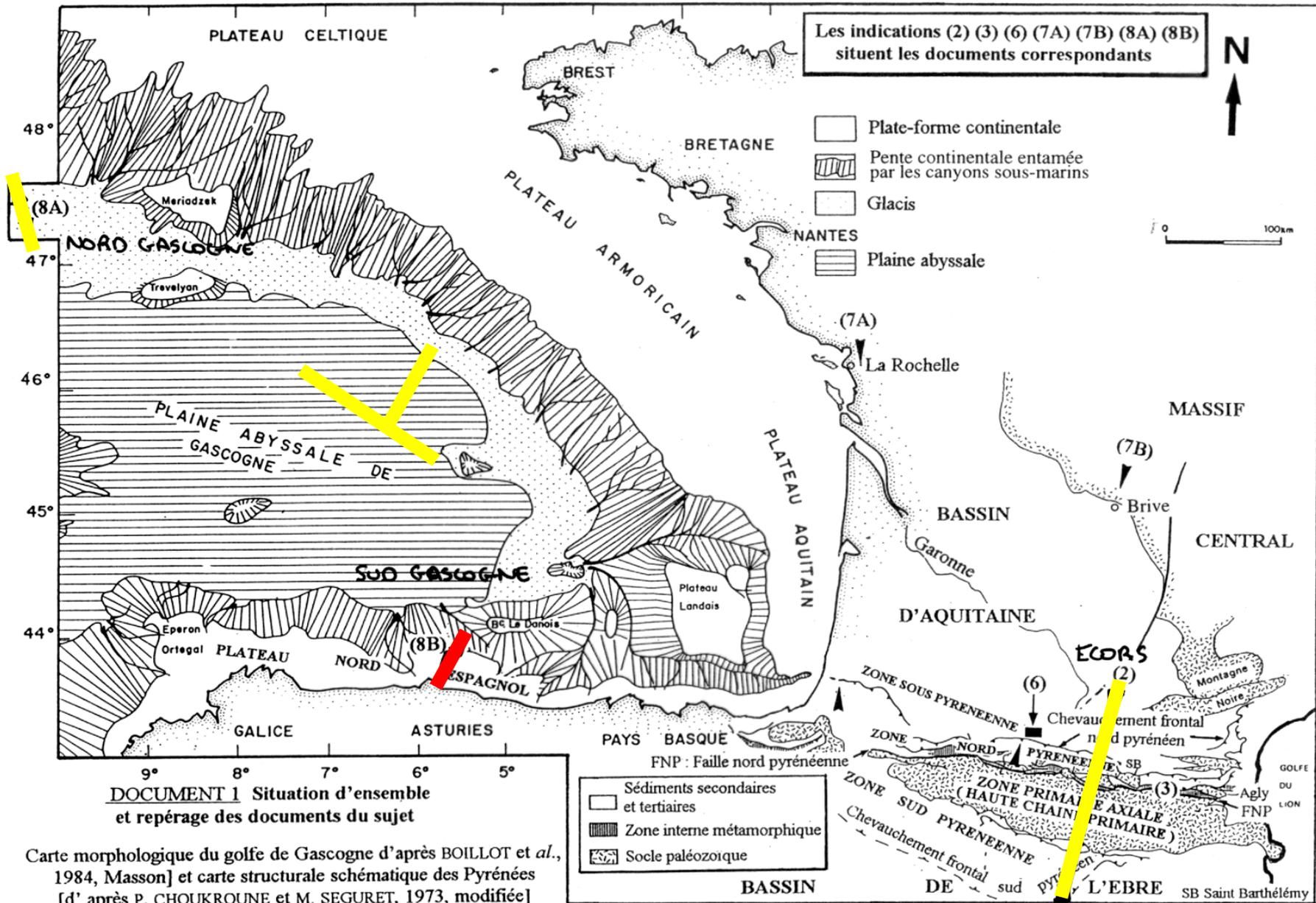




Dépôts syn-rift crétacé inf à moyen → Ouverture du golfe de Gascogne

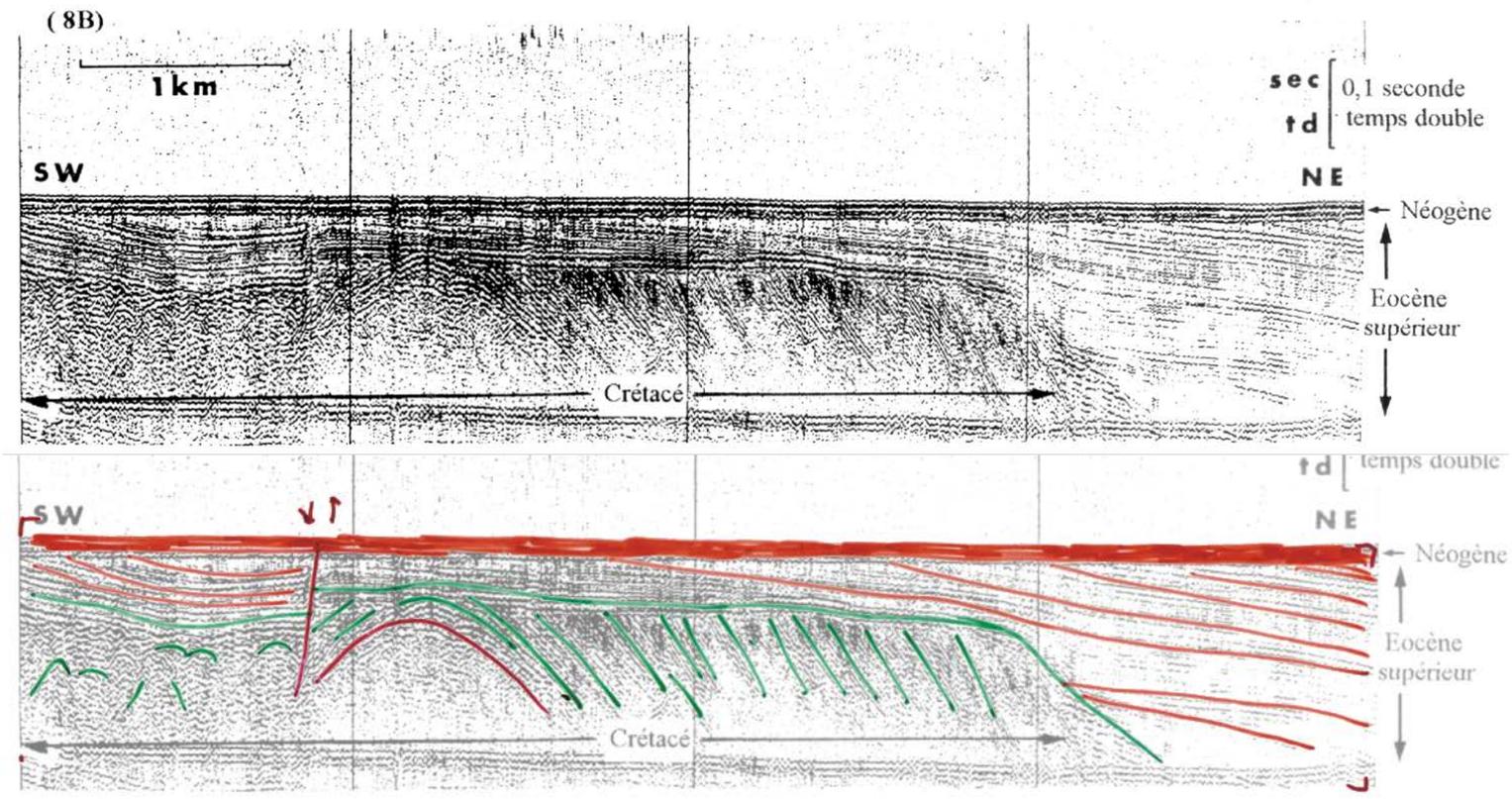
Dès l'Aptien Sup. dépôts post-rift → Fin de l'accrétion océanique au niveau de ce profil

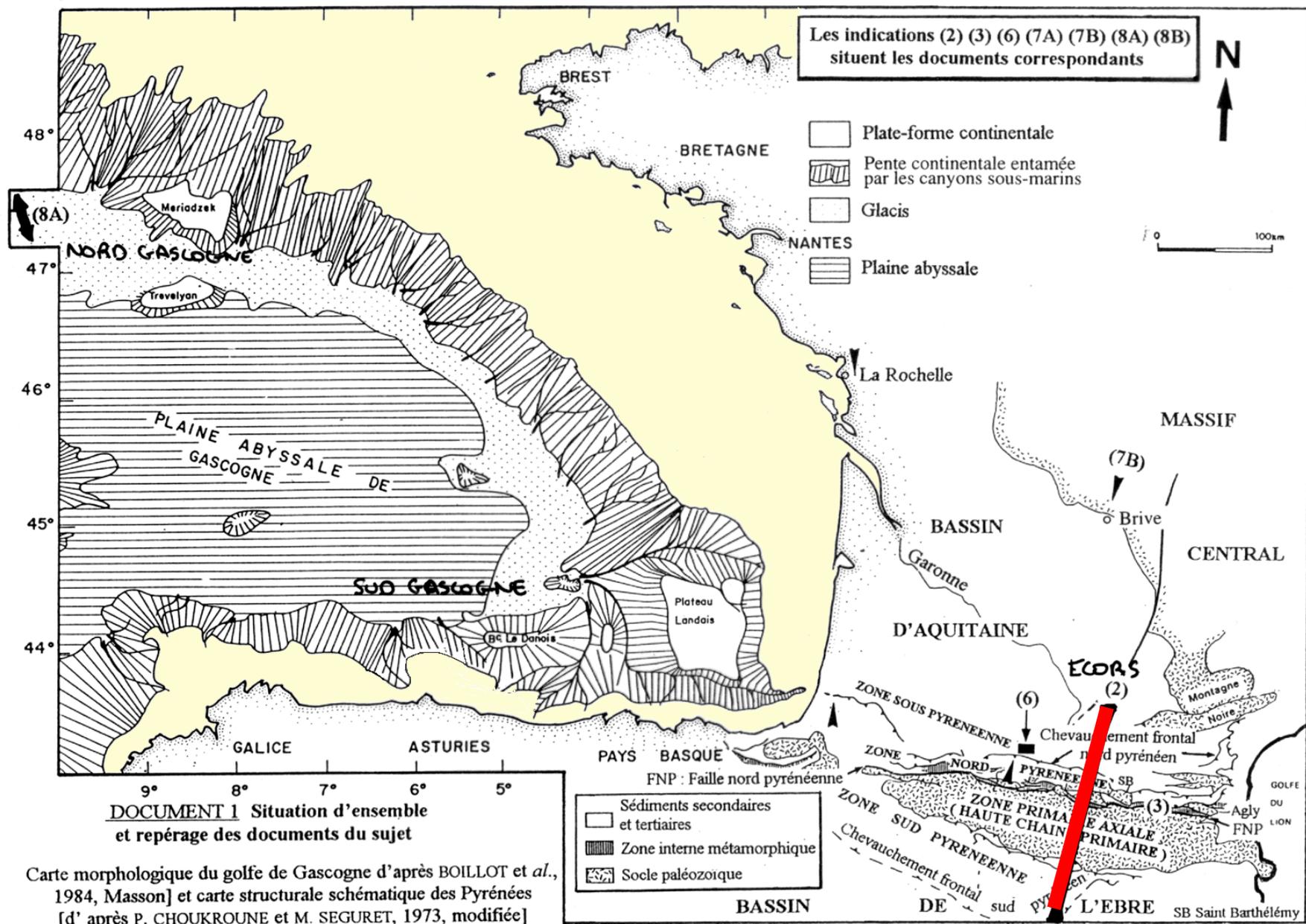


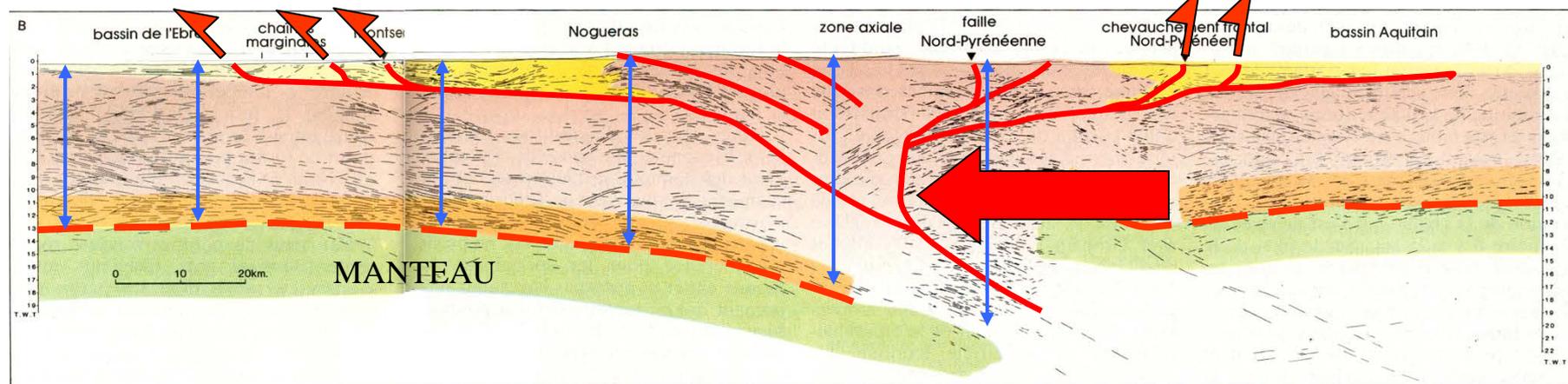
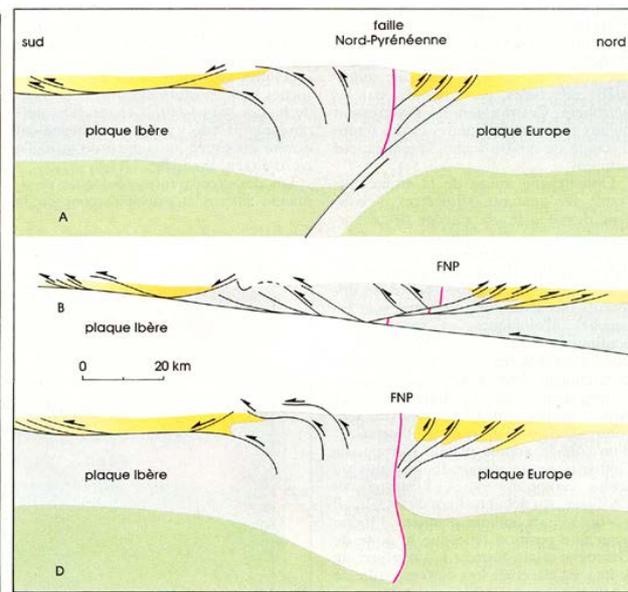
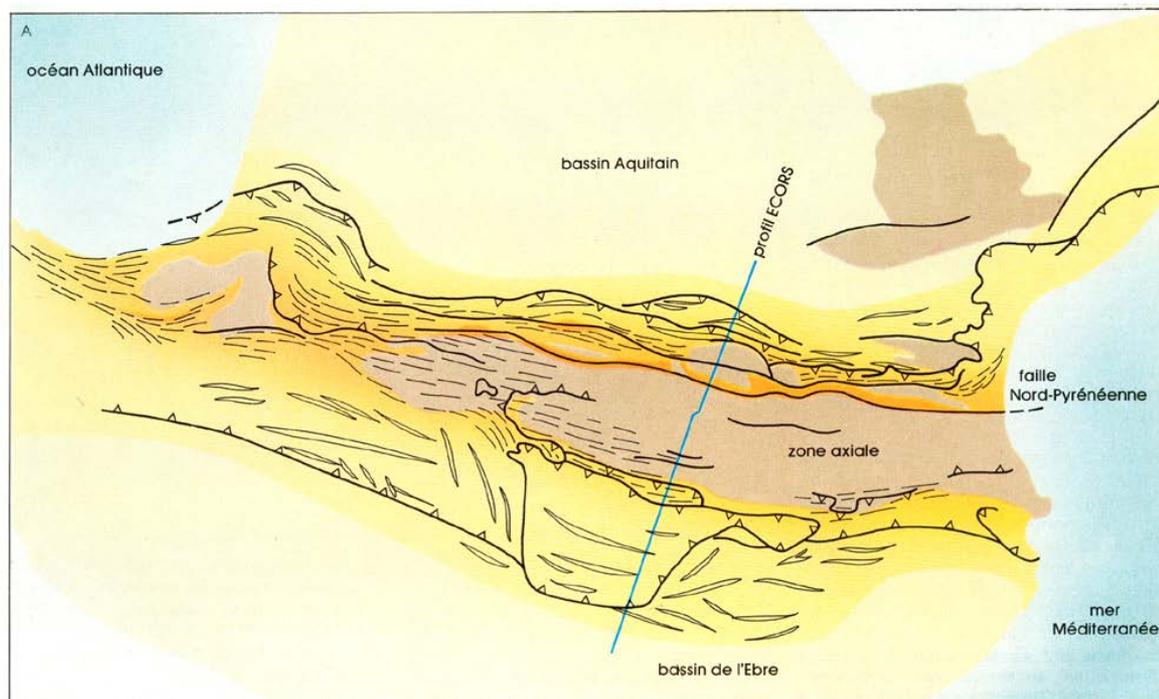


Formations Crétacé plissées → raccourcissement pyrénéen post-Crétacé

Eocène terminal discordant → déformation comprise entre le Crétacé et l'Eocène terminal.







Choukroune, P. 1989, Les Pyrénées vues par ECORS : un image inattendue. La recherche.



La formation des Pyrénées

I. La structure profonde la marge du golfe de Gascogne et des Pyrénées

A. Méthodes d'étude

La sismique réflexion

B. Analyse des profils sismique réflexion sur la marge du golfe de Gascogne

C. Analyse du profil ECORS des Pyrénées

II. Reconstitution cinématique de la position de la plaque ibérique

A. Méthode d'étude

Le géomagnétisme

B. Les paléo-directions du champs magnétique au Trias

C. Datation de l'ouverture du golfe de Gascogne

D. Les anomalies magnétiques du fond océanique du golfe de Gascogne

III. Synthèse

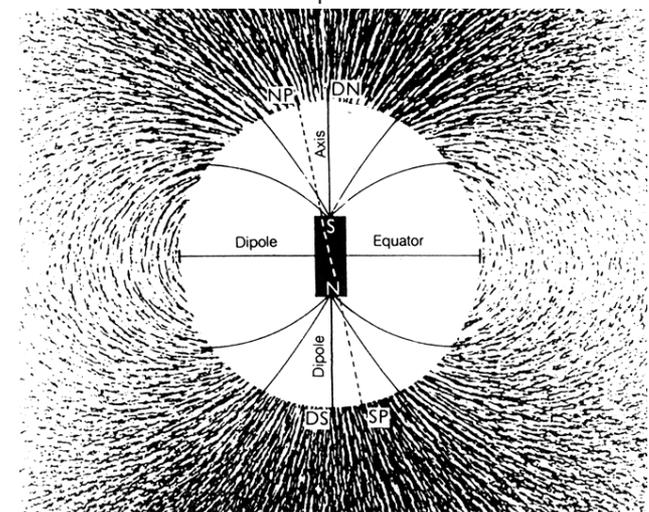
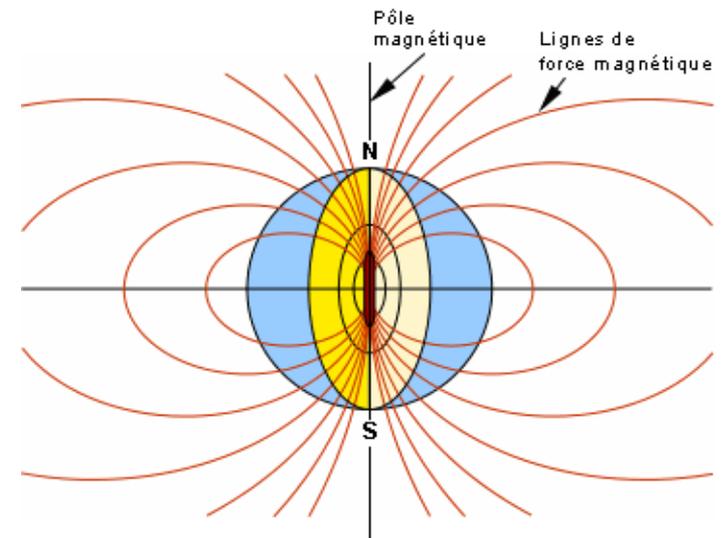
A. Histoire de la migration de la plaque ibérique

B. Cartes paléogéographiques

La terre agit comme un **dipôle magnétique**, ou encore comme un aimant. Les lignes de forces magnétiques établissent tout autour de la planète un champ magnétique terrestre. C'est la raison pour laquelle l'aiguille d'une boussole s'aligne automatiquement selon les lignes de force, dans une direction nord-sud.

Chaque roche volcanique possède sa propre aimantation. Cette aimantation a été acquise lors du refroidissement de la lave qui enregistre le champ magnétique terrestre de l'époque. Les laves possèdent donc une "mémoire magnétique".

La mesure de cette mémoire magnétique des roches permet de déterminer la position des paléo-pôles magnétiques.



http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

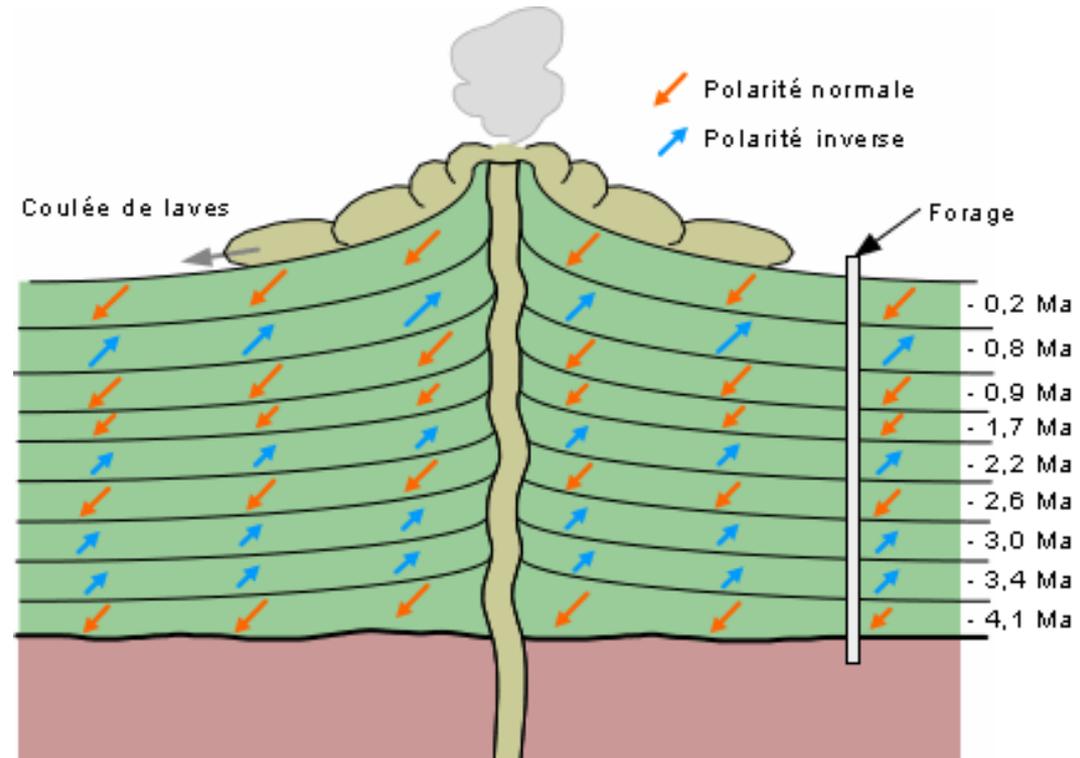
Les inversions des pôles magnétiques

1906: découverte par Brunhes des inversions magnétiques : le dipôle Nord-Sud été durant certaines périodes Sud-Nord.

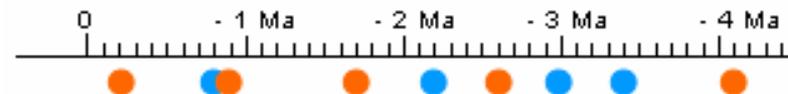
Matuyama date ces inversions grâce à l'étude de coulées de laves.

Construction d'une échelle des inversions de la polarité magnétique :

**ECHELLE
MAGNETOSTRATIGRAPHIQUE**



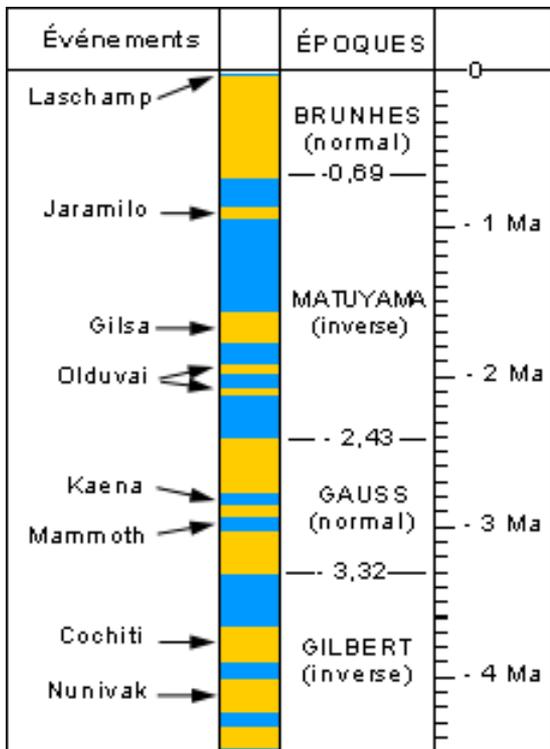
Position sur une échelle de temps géologique



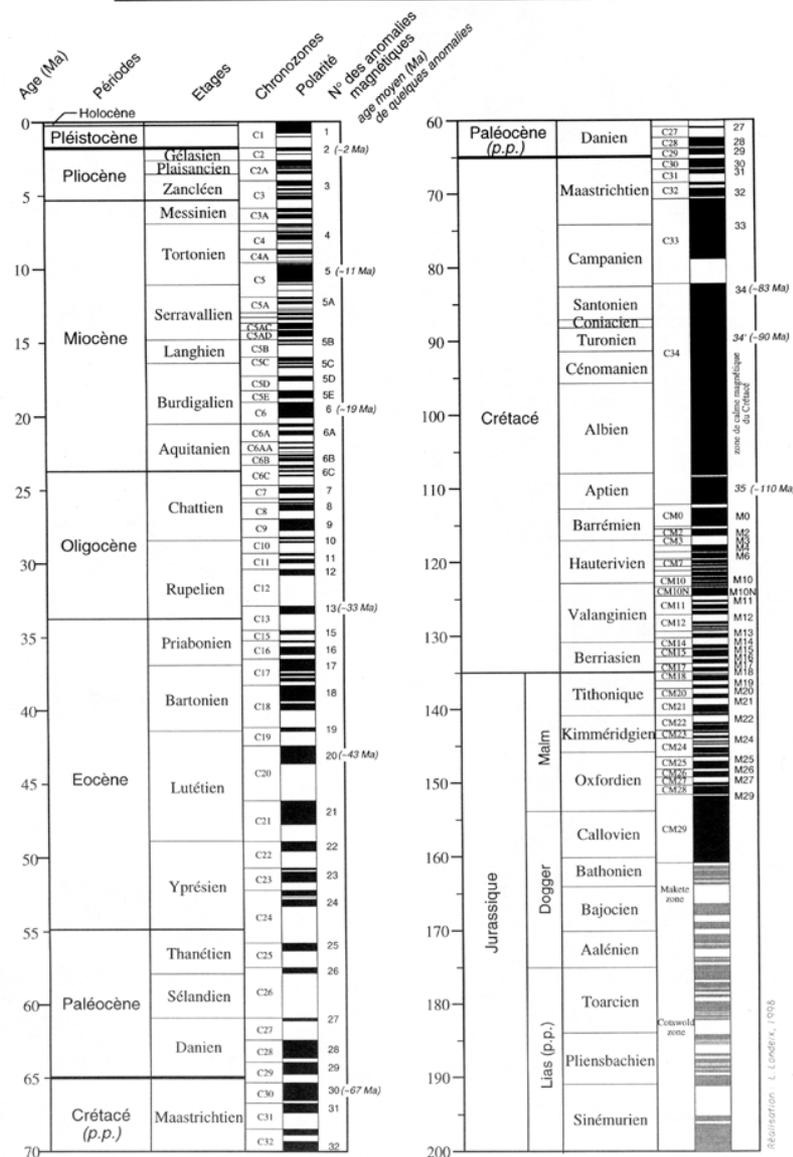
http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

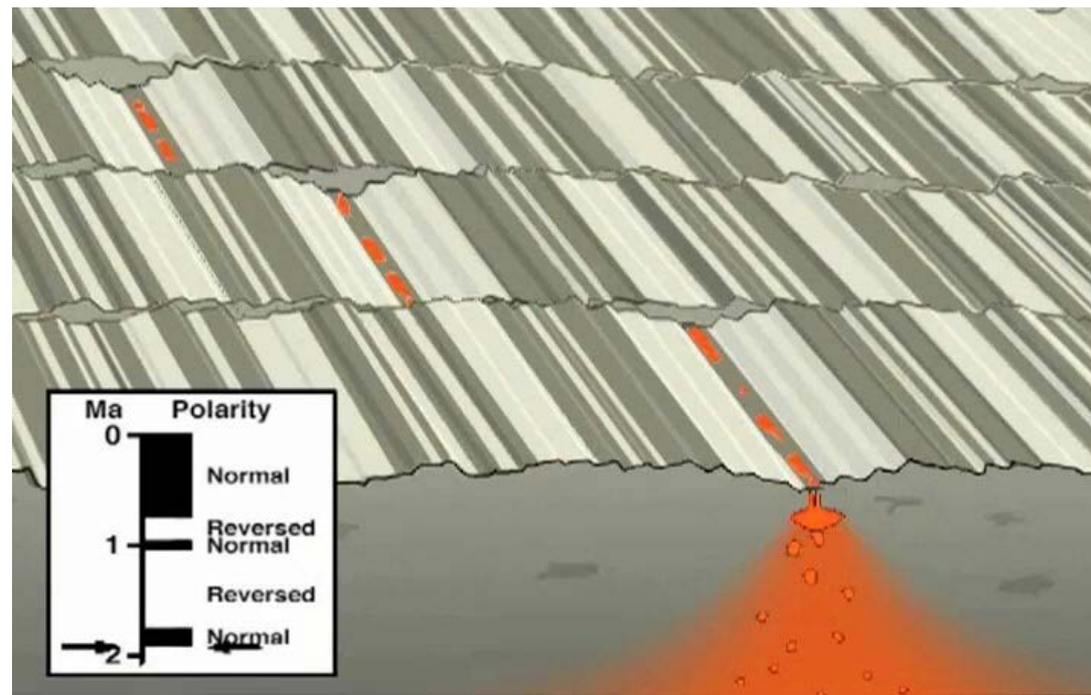
Les inversions des pôles magnétiques

ECHELLE MAGNETOSTRATIGRAPHIQUE



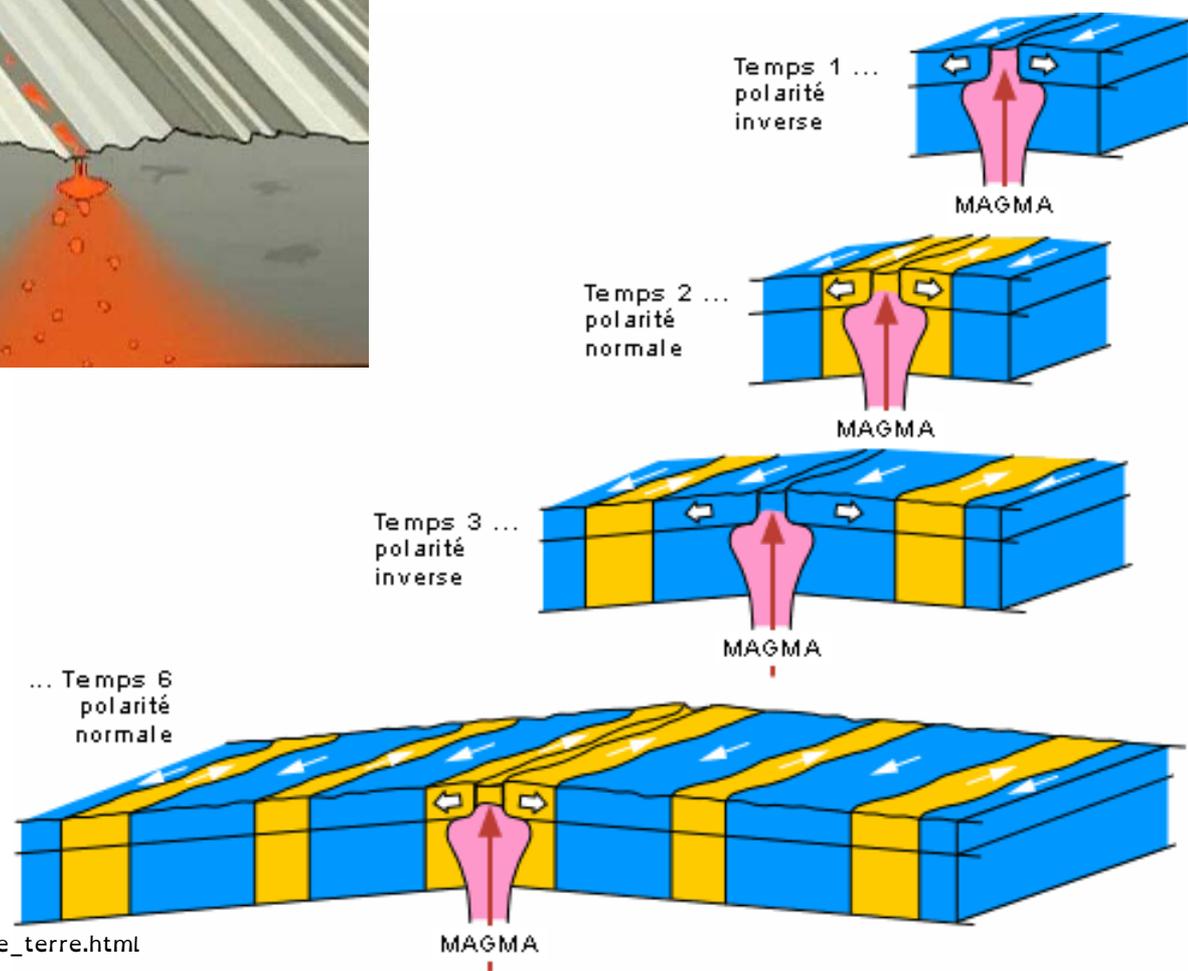
http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html





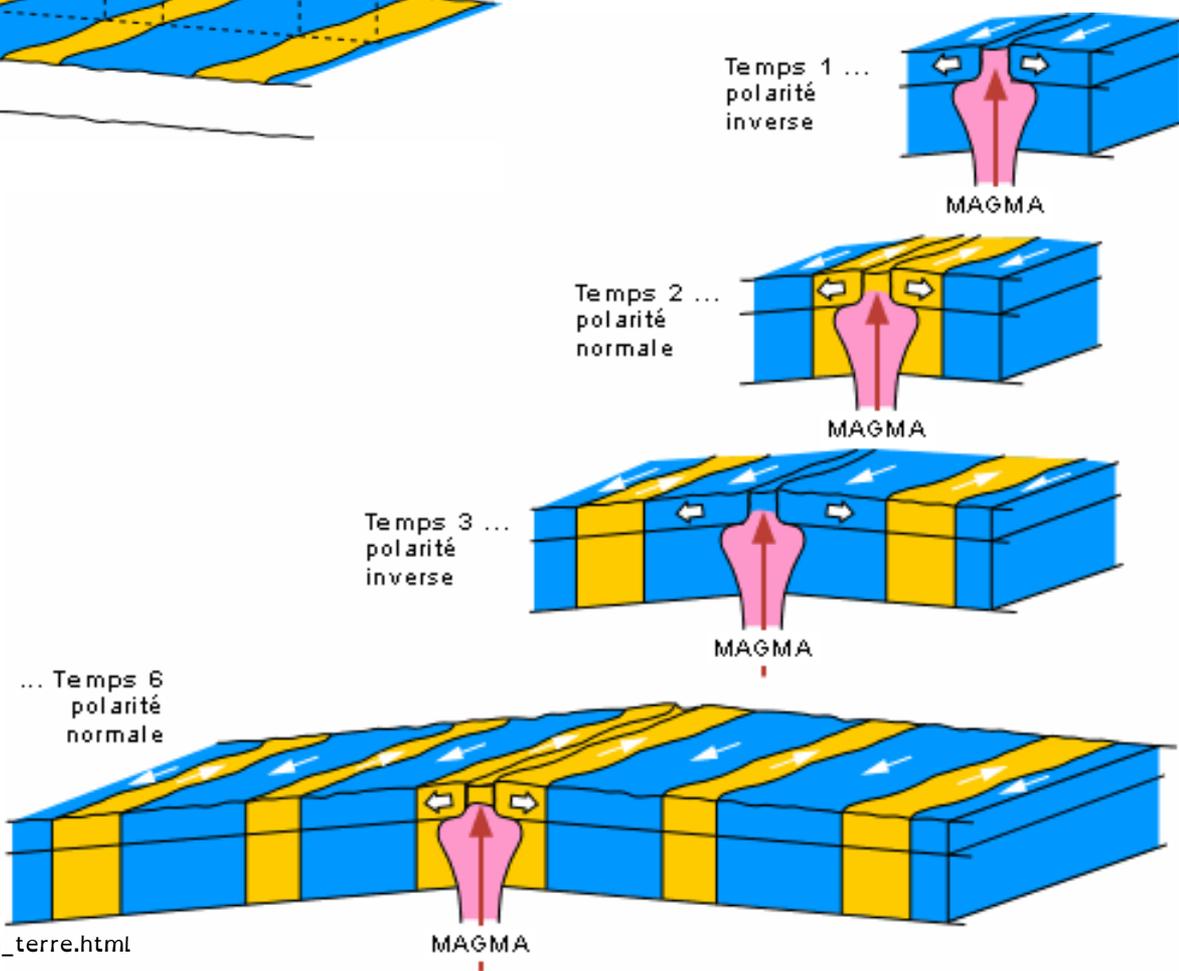
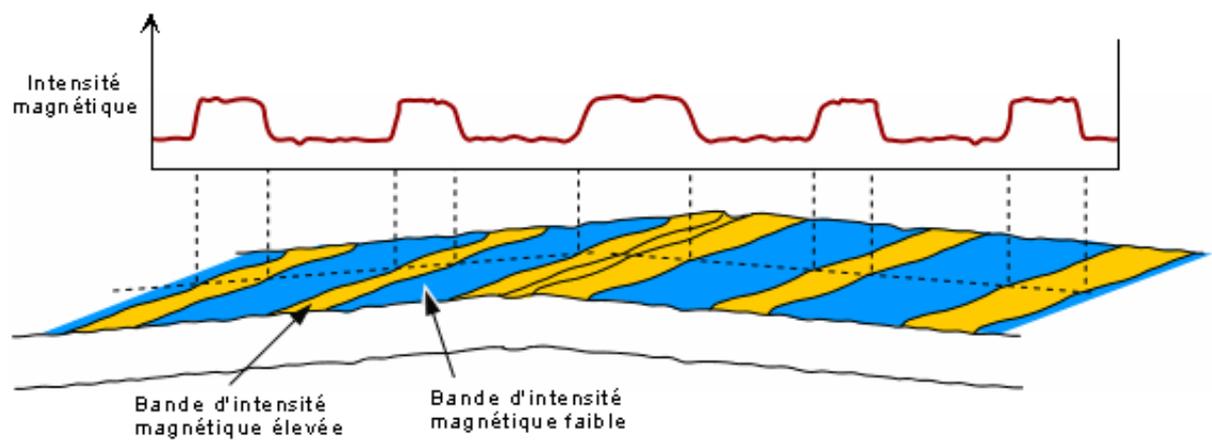
Ma	Polarity
0	Normal
1	Reversed
2	Normal

<http://www.youtube.com/watch?v=YIAXiE8RedA>



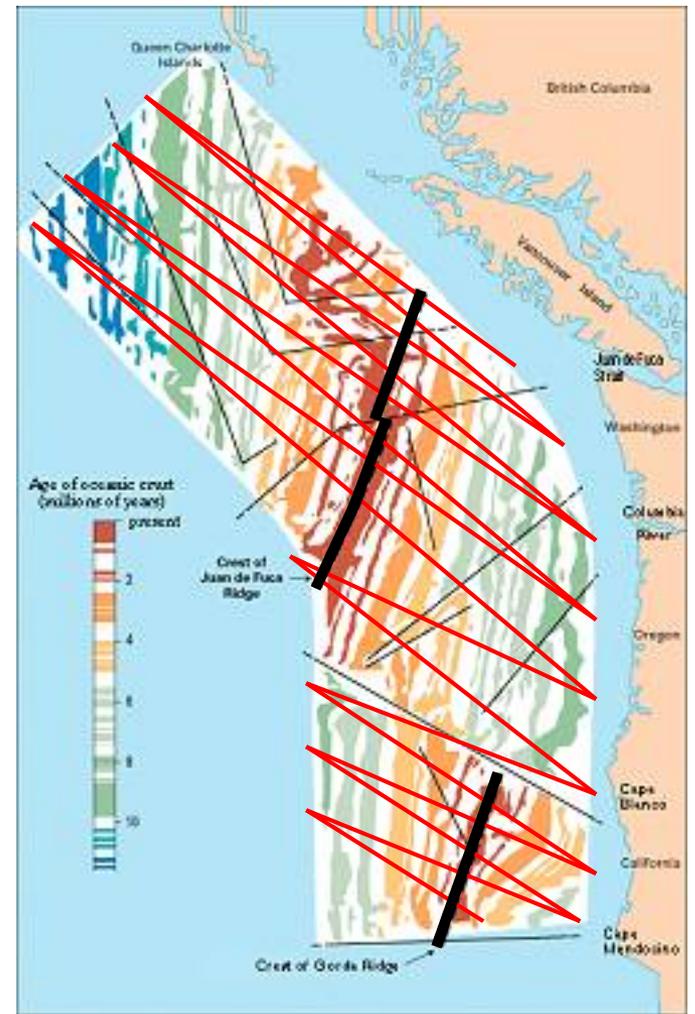
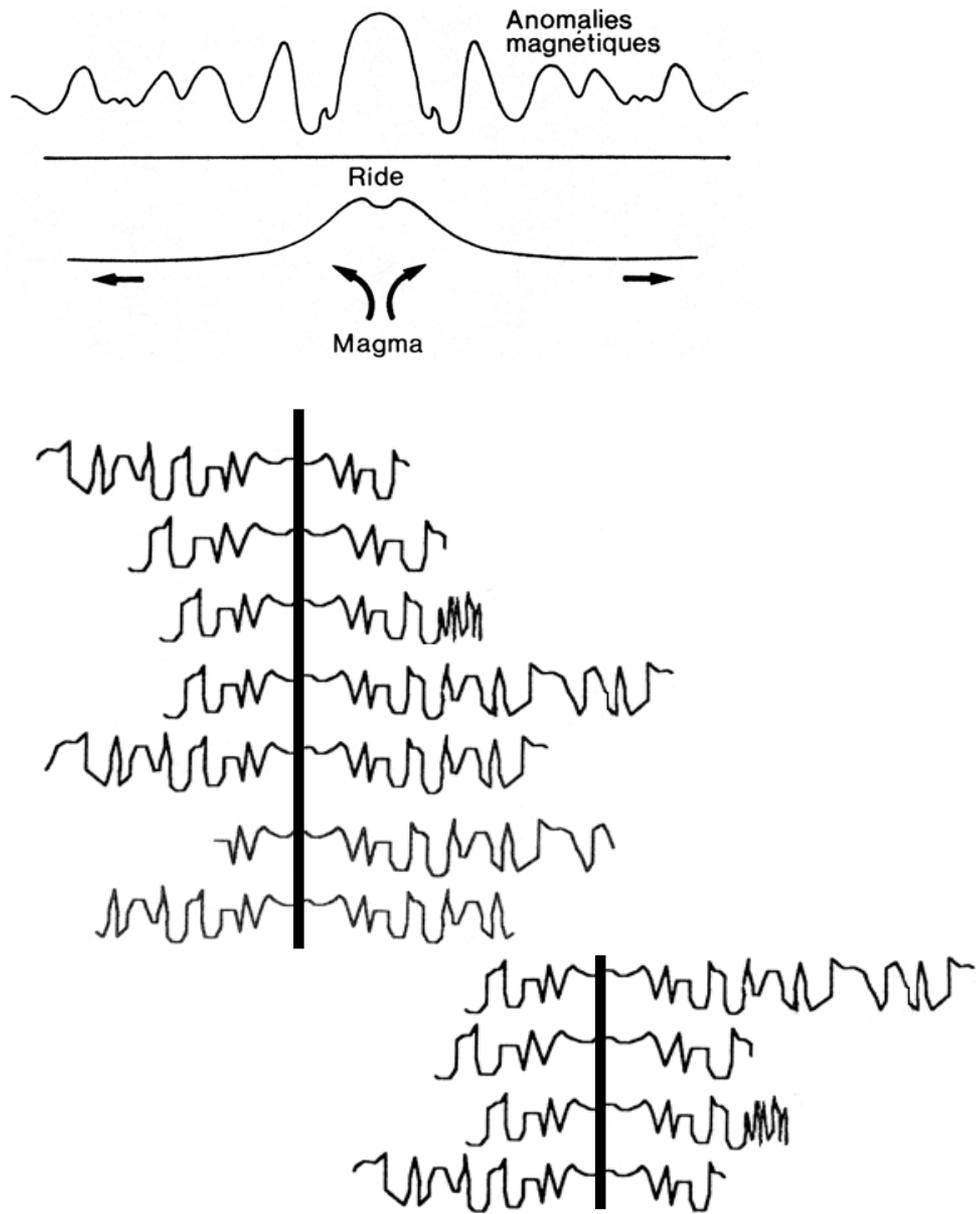
http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

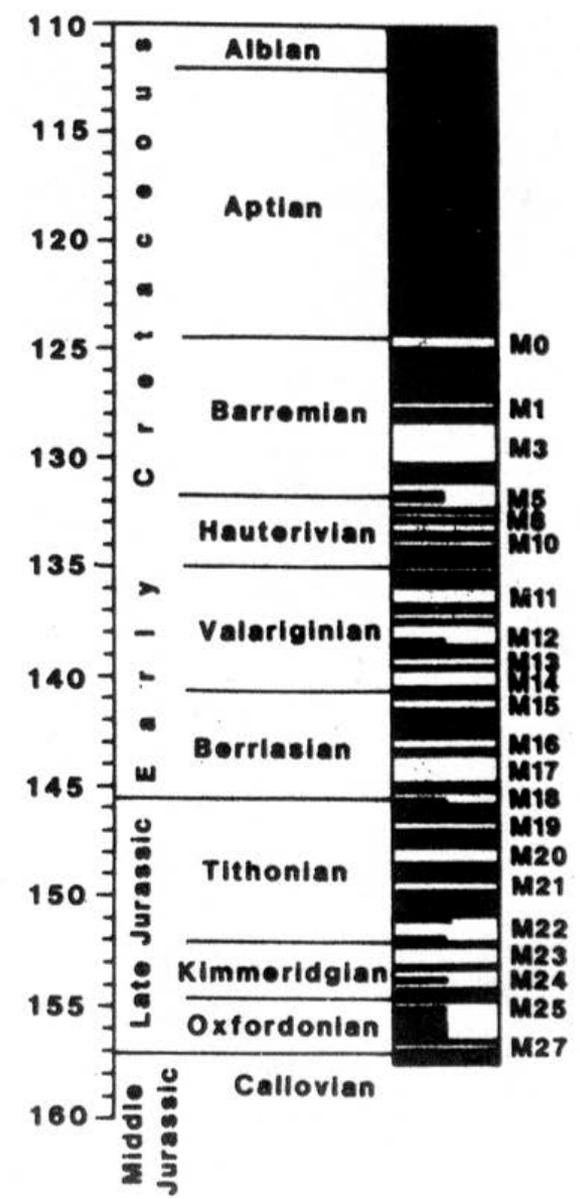
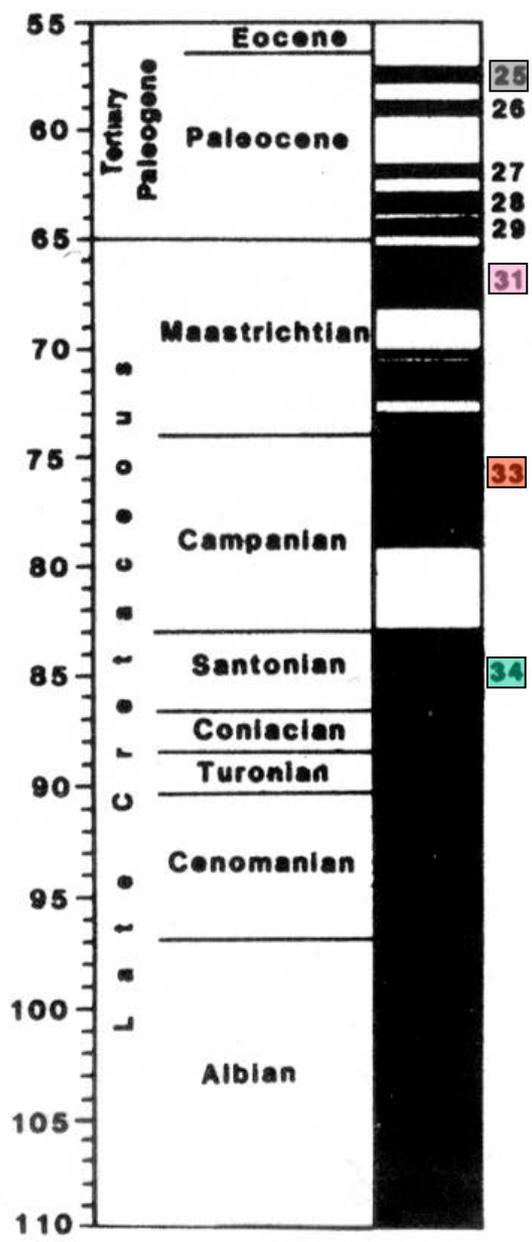
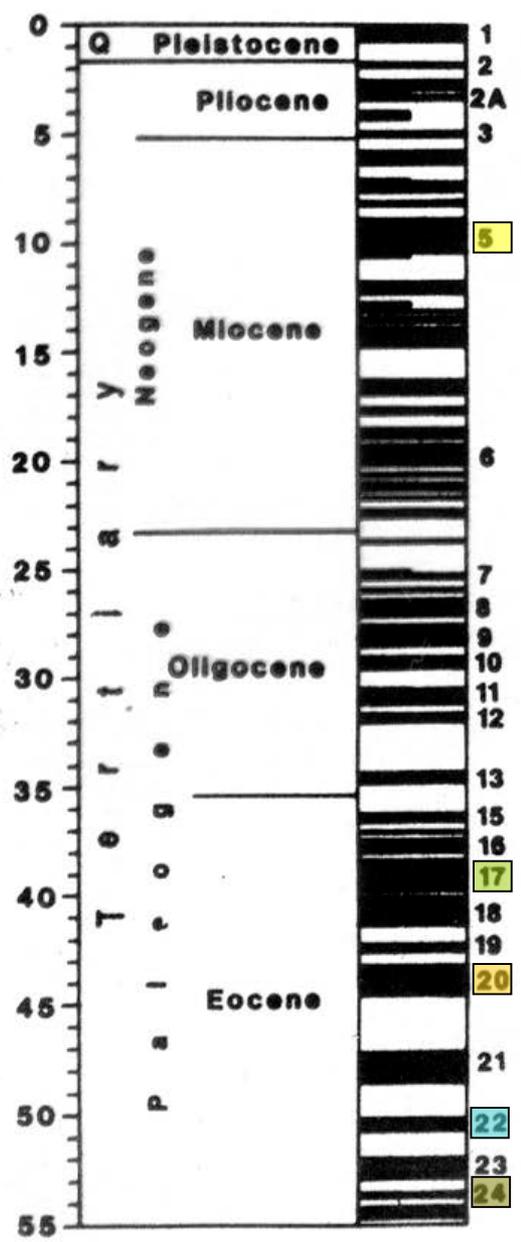




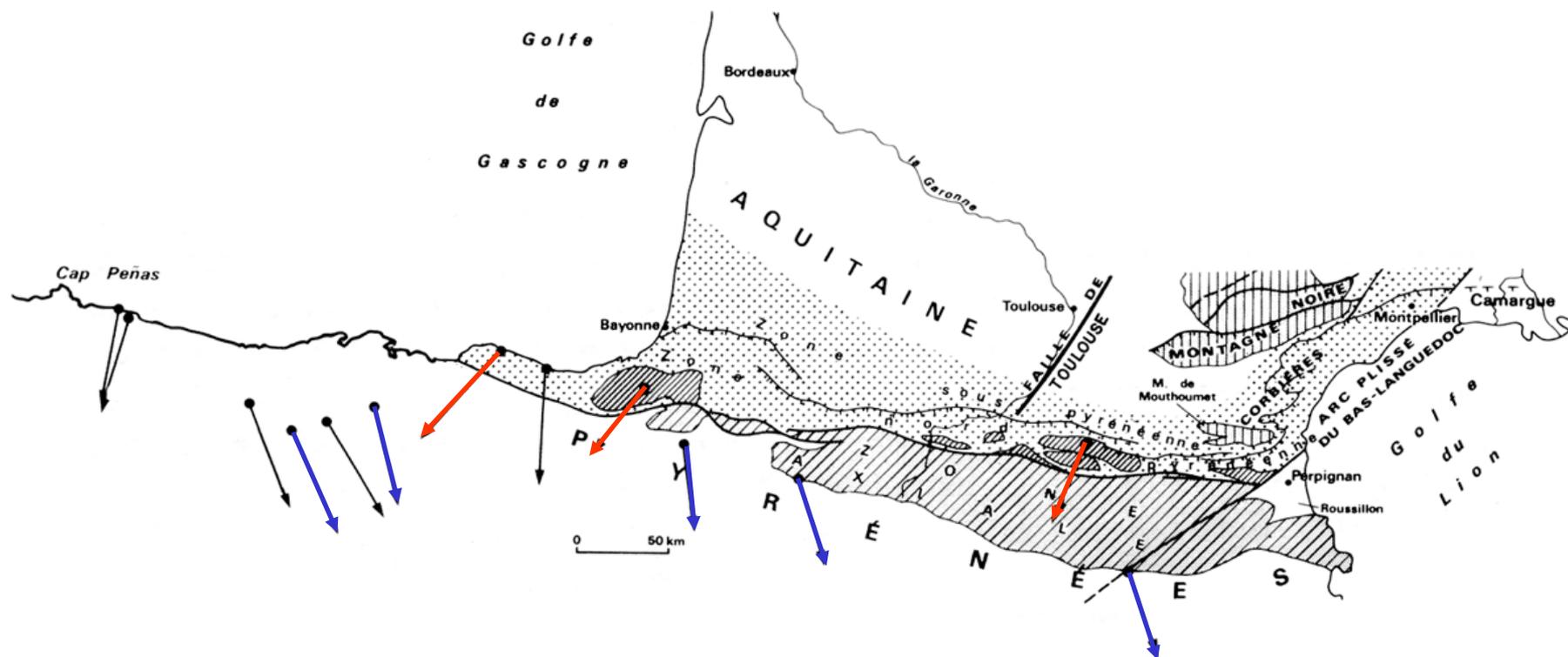
http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html



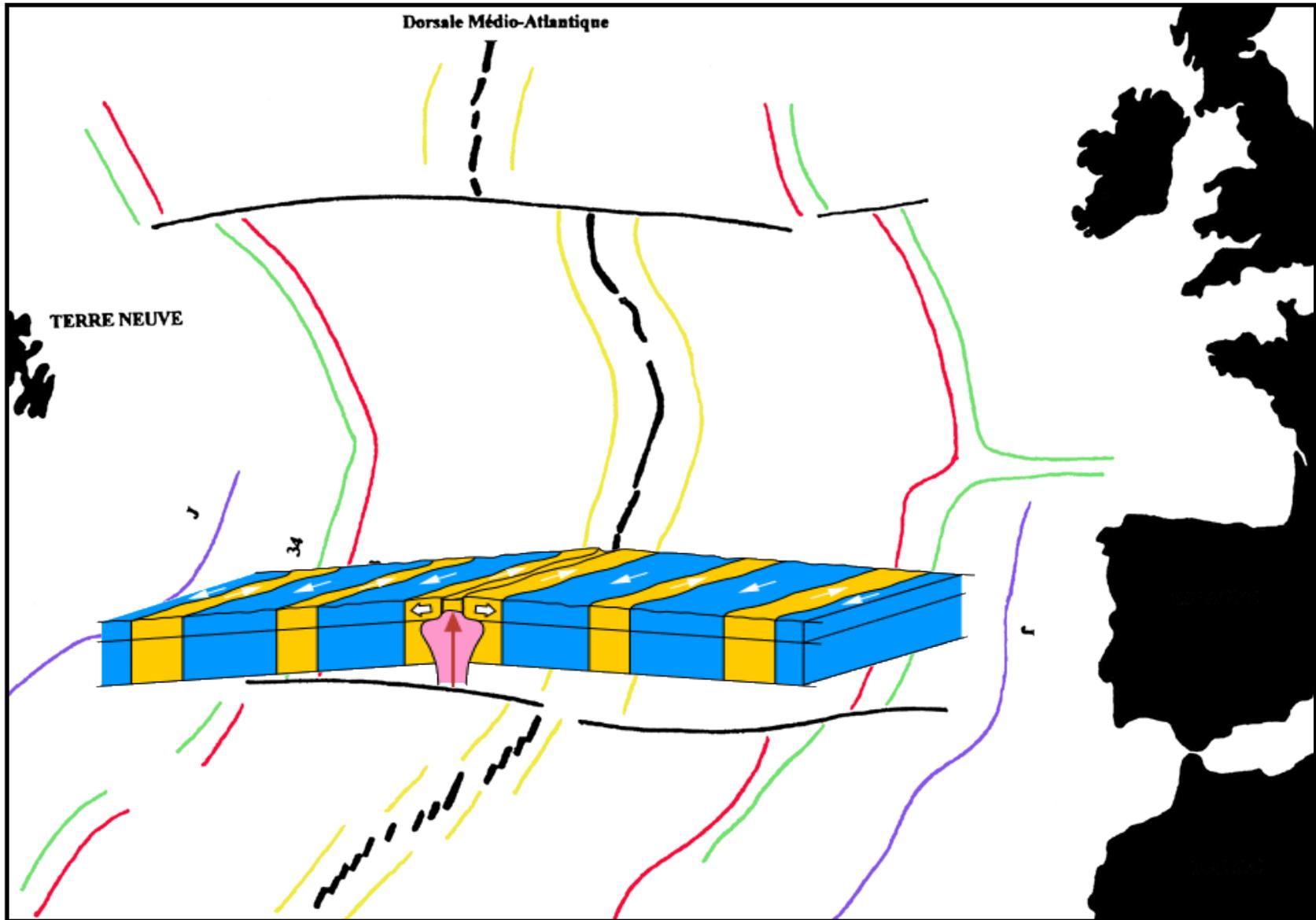




Les paléo-directions du champ magnétique au Trias

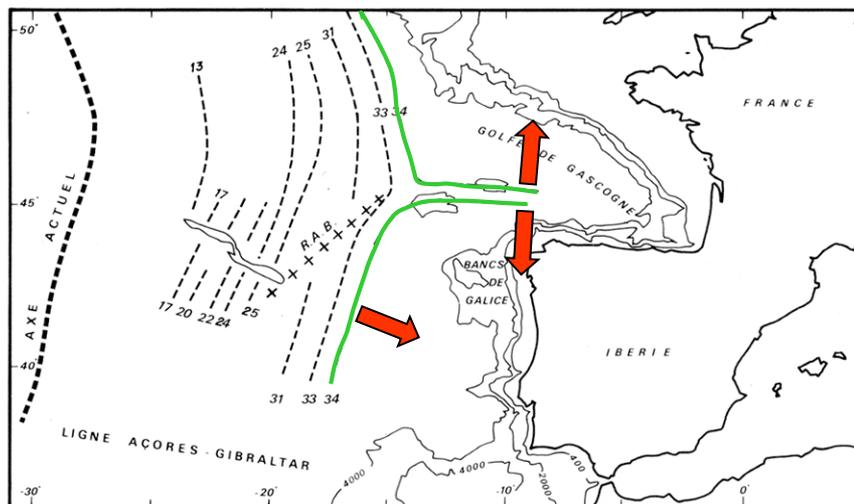


Les anomalies magnétiques



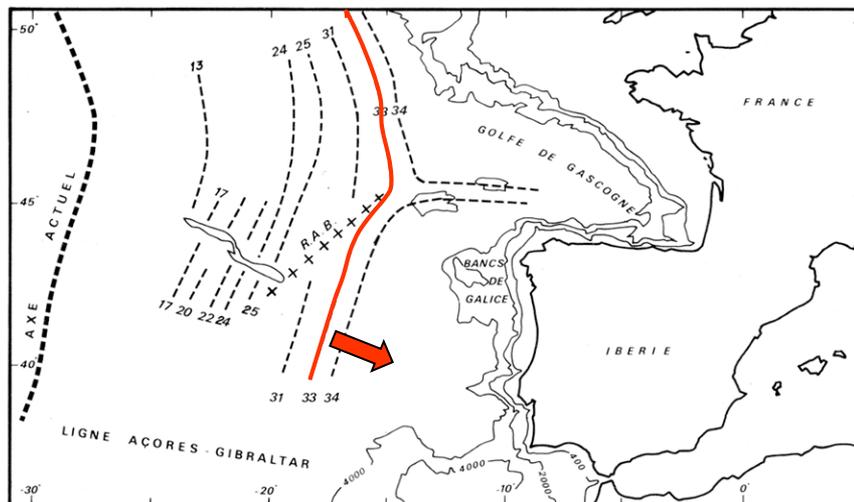
Boillot, J. Pour la Science n°27 janv 1980

Les anomalies magnétiques



L'anomalie 34 (Santonien, 80 Ma)

Au Santonien l'Ibérie s'écarte de l'Europe et de l'Amérique du Nord.



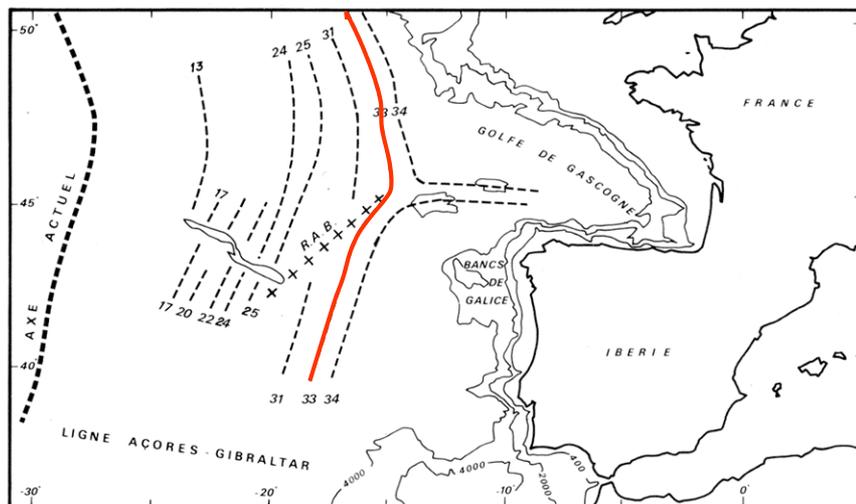
L'anomalie 33 (Campanien, 75 Ma)

Entre 80 Ma et 75 Ma → fin d'ouverture du golfe de Gascogne.

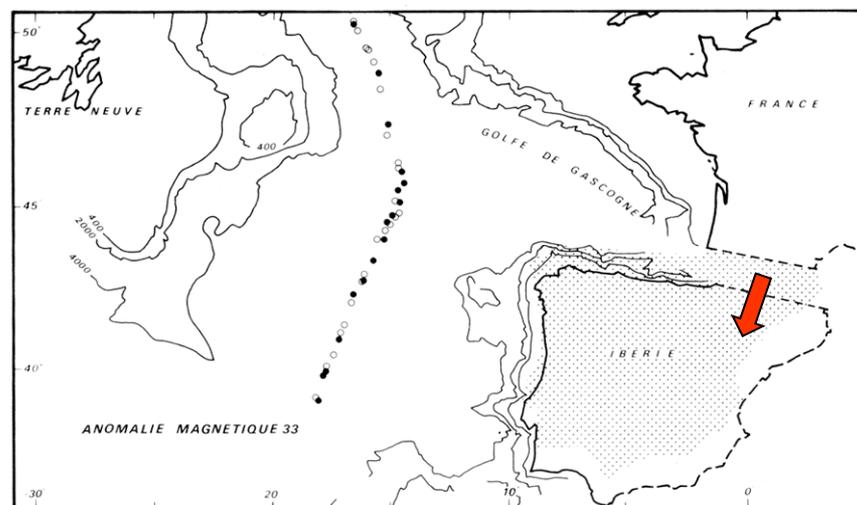
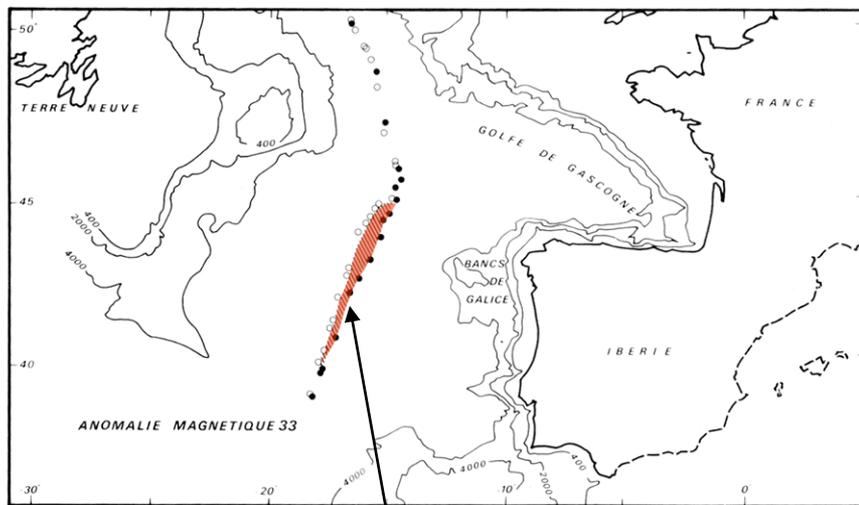
Données de forages → entre 110 Ma et 100 Ma début d'ouverture du golfe de Gascogne.

Boillot, J. Pour la Science n°27 janv 1980

Les anomalies magnétiques



Reconstitution de la dorsale à l'anomalie 33 (Campanien, 75 Ma)

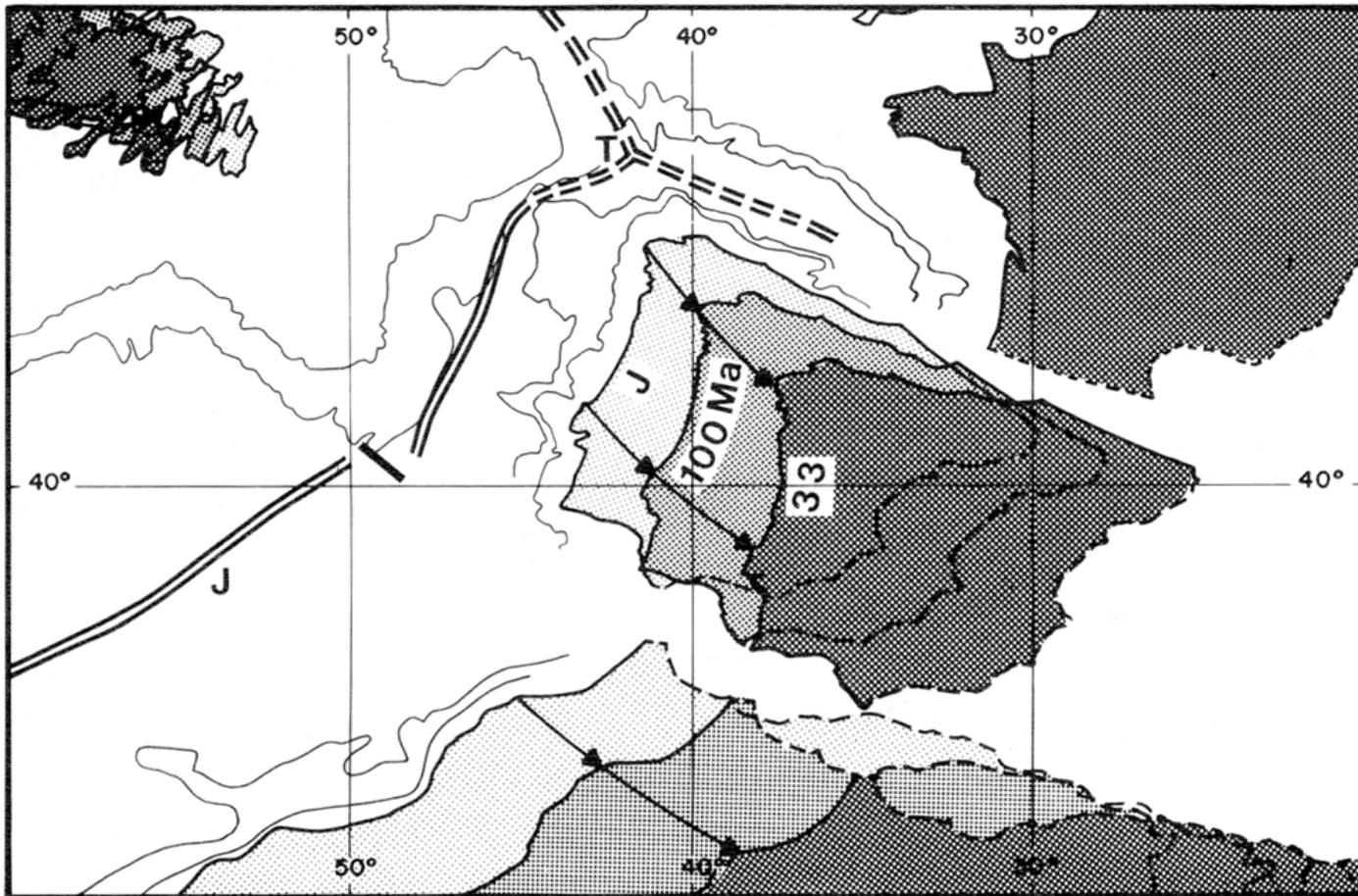


Boillot, J. Pour la Science n°27 janv 1980

Zone de recouvrement



Les anomalies magnétiques

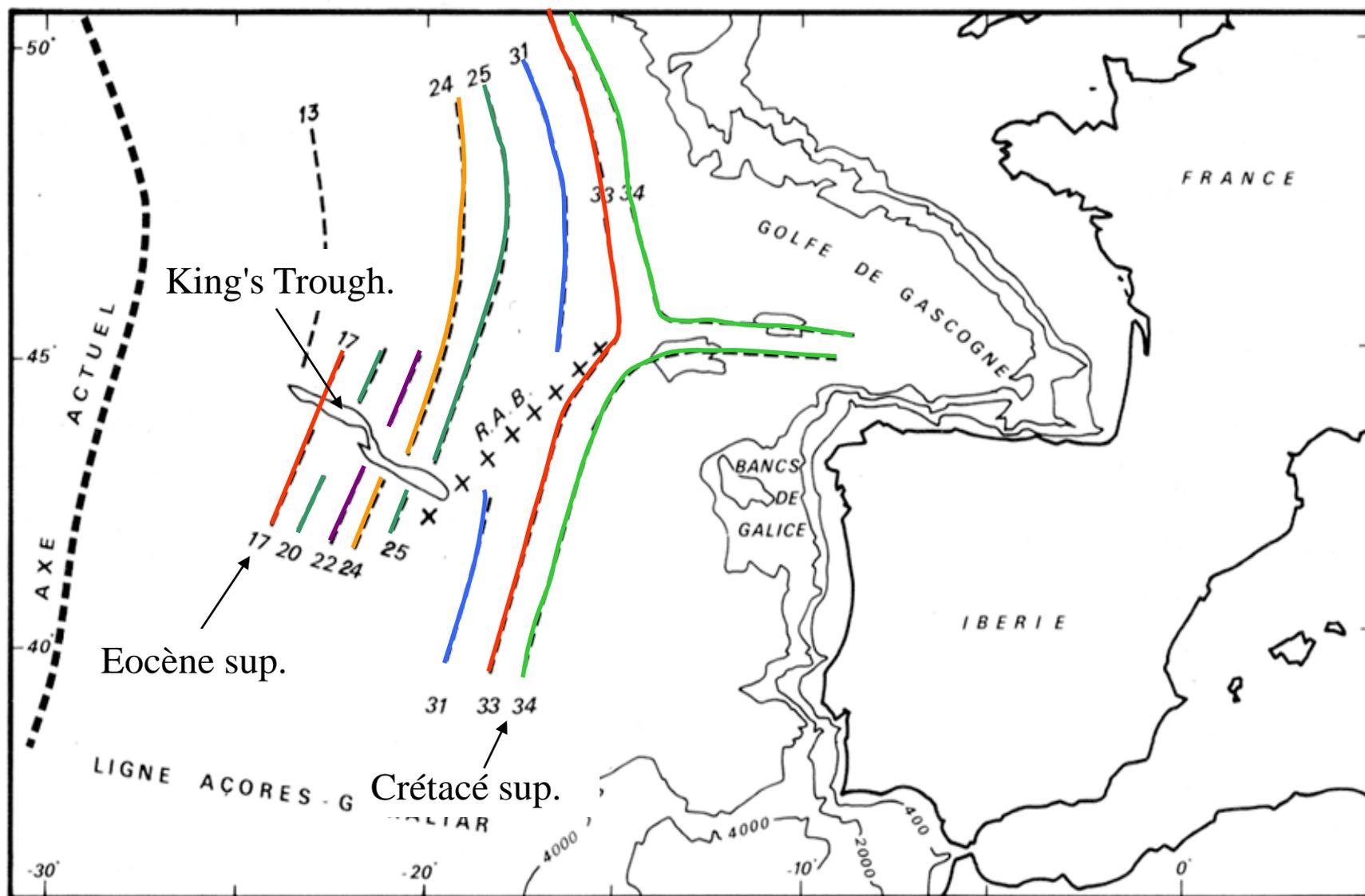


Anomalie J : 110 Ma

Anomalie 33 : 75 Ma

Boillot, J. Pour la Science n°27 janv 1980

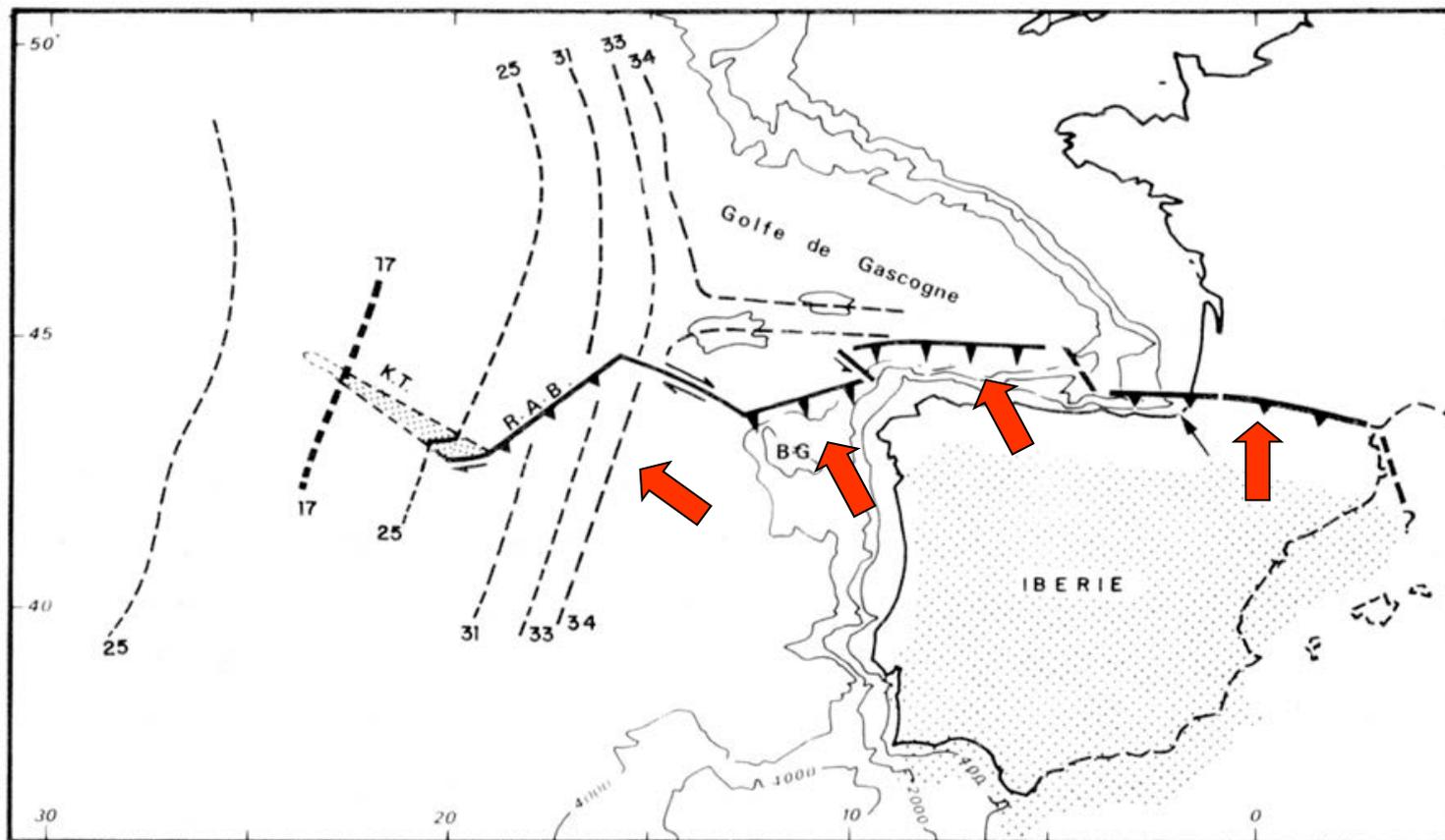
Les anomalies magnétiques



Boillot, J. Pour la Science n°27 janv 1980



Les anomalies magnétiques

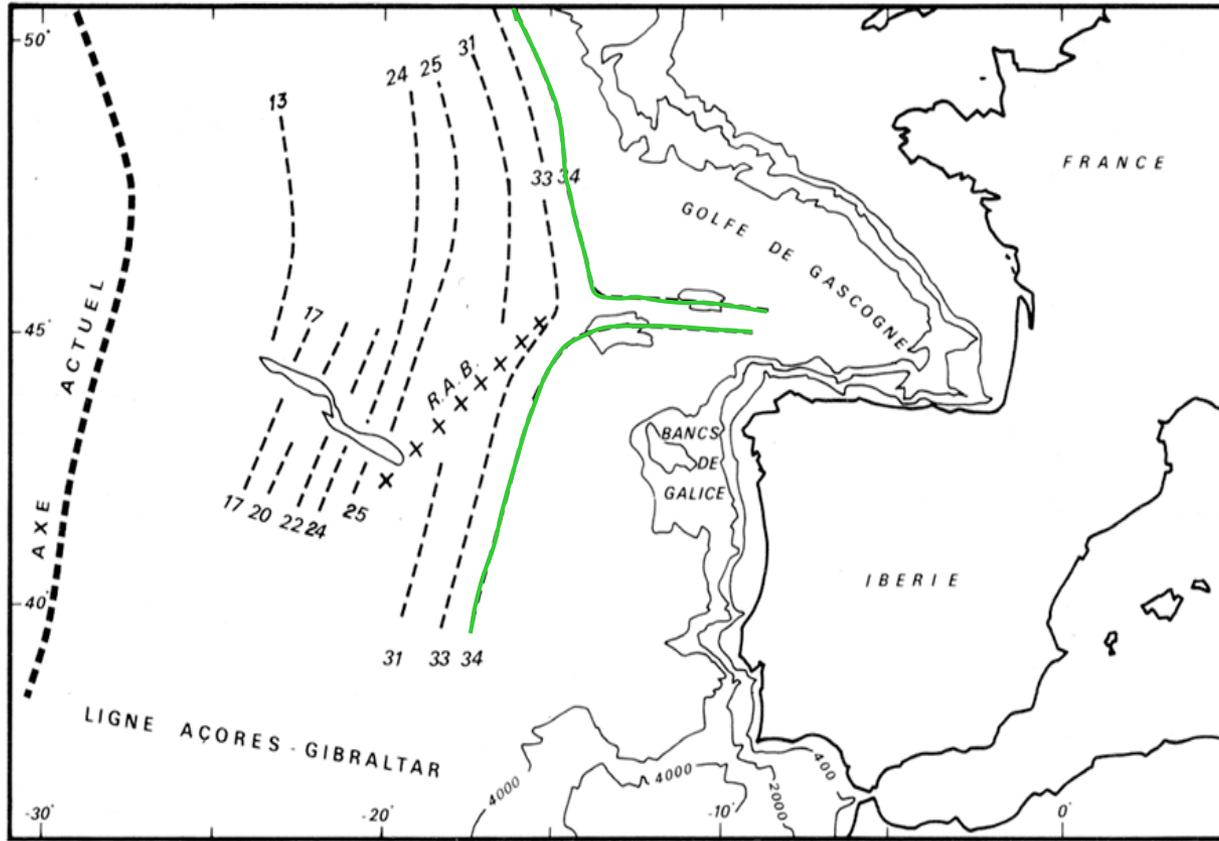


Boillot, J. Pour la Science n°27 janv 1980

Décalage des anomalies 34, 33, 31 et 25 → mouvement de l'Espagne vers le Nord.

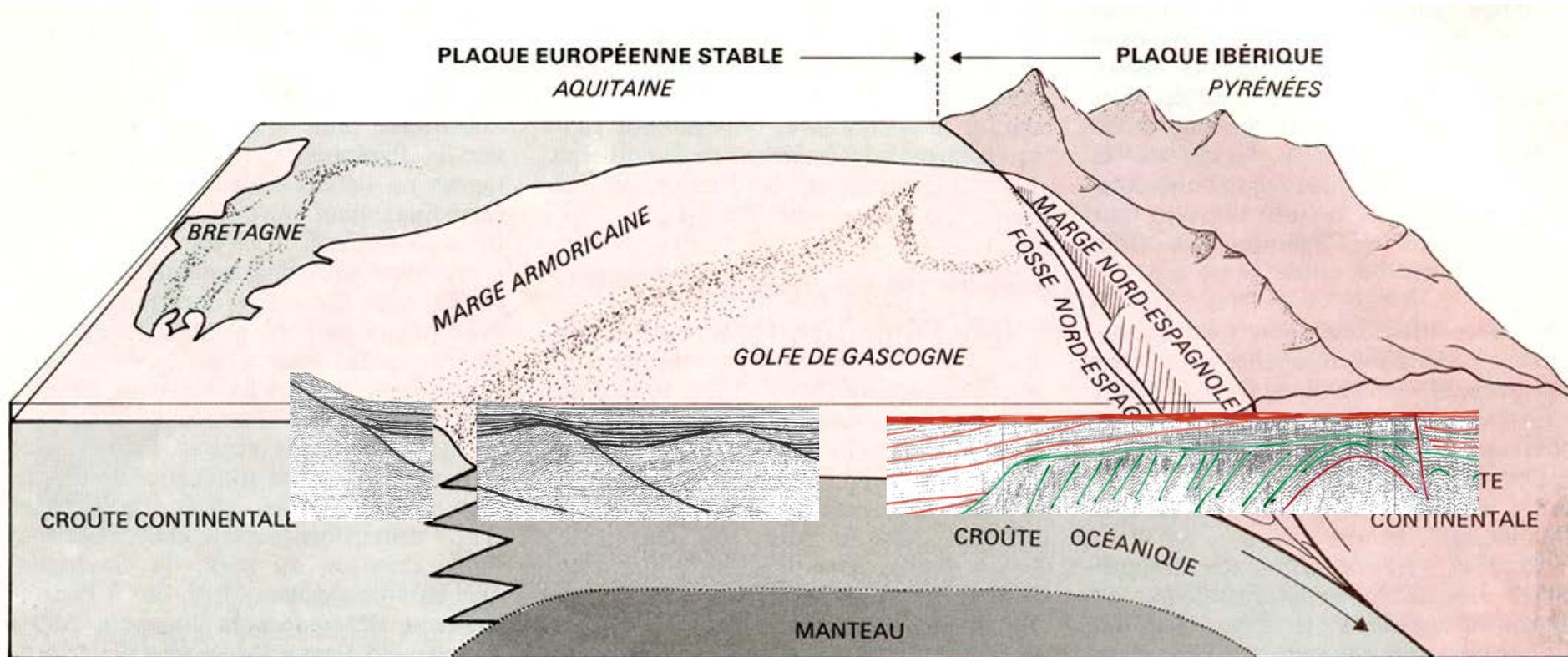
Anomalie 17 non décalée → le mouvement de l'Espagne cesse à l'Eocène sup.

Les anomalies magnétiques



Boillot, J. Pour la Science n°27 janv 1980

Les anomalies magnétiques



Boillot, J. Pour la Science n°27 janv 1980

La formation des Pyrénées

I. La structure profonde la marge du golfe de Gascogne et des Pyrénées

A. Méthodes d'étude

La sismique réflexion

B. Analyse des profils sismique réflexion sur la marge du golfe de Gascogne

C. Analyse du profil ECORS des Pyrénées

II. Reconstitution cinématique de la position de la plaque ibérique

A. Méthode d'étude

Le géomagnétisme

B. Les paléo-directions du champs magnétique au Trias

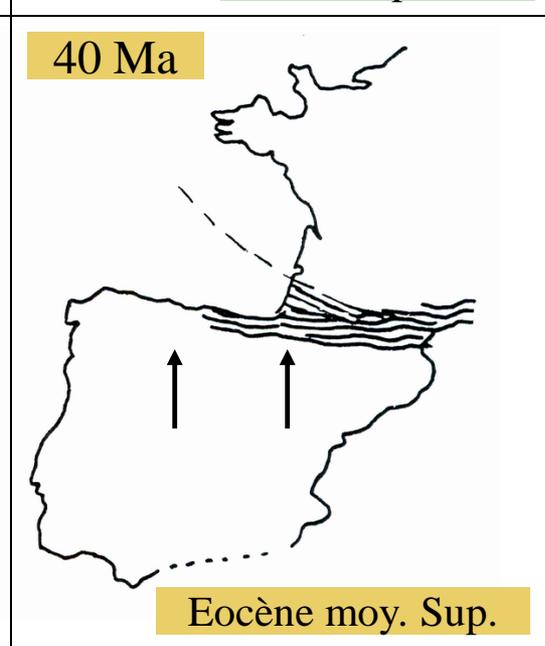
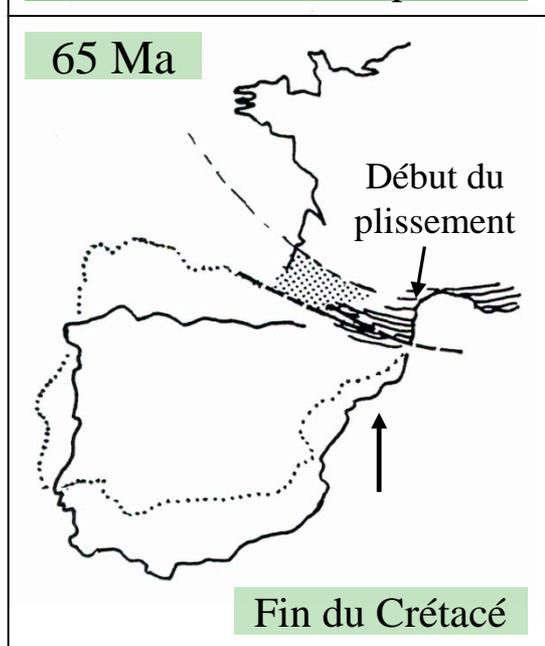
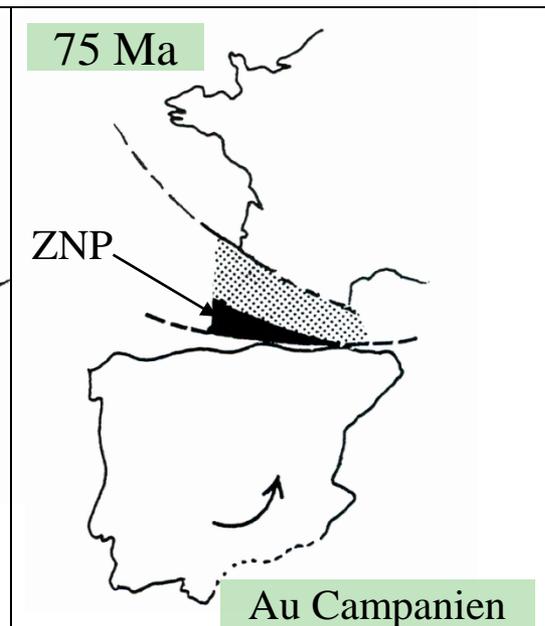
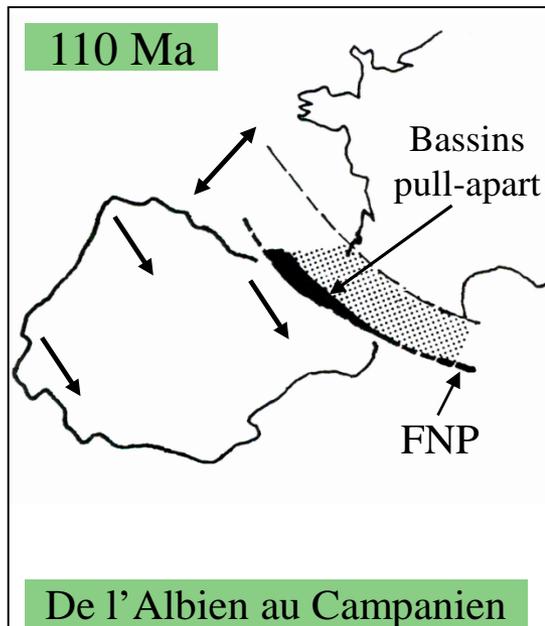
C. Datation de l'ouverture du golfe de Gascogne

D. Les anomalies magnétiques du fond océanique du golfe de Gascogne

III. Synthèse

A. Histoire de la migration de la plaque ibérique

B. Cartes paléogéographiques



NÉOGÈNE	PLIOCÈNE	PLAISANCIEN	1,75	
		ZANCLÉIEN	3,4	
		MESSINIEN	5,3	
	MIOCÈNE	TORTONIEN	7,1	
		SERRAVALLIEN	11,0	
		LANGHIEN	14,7	
		BURDIGALIEN	15,8	
	PALÉOGÈNE	OLIGOCÈNE	AQUITANIEN	20,3
			CHATTIEN	23,0
		ÉOCÈNE	RUPÉLIEN	28
PRIABONIEN			33,7	
BARTONIEN			37,0	
PALÉOCÈNE		LUTÉTIEN	40	
		YPRÉSIEN	46,0	
		THANÉTIEN	53	
		DANIEN	59	
		MAASTRICHTIEN	65,0	
CRÉTACÉ	SUPÉRIEUR	CAMPANIEN	72,0	
		SANTONIEN	83	
		CONIACIEN	87	
		TURONIEN	88	
		CÉNOMANIEN	92	
	INFÉRIEUR	ALBIEN	96	
		APTIEN	108	
		BARRÉMIEN	113	
		HAUTERIVIEN	117	
		VALANGINIEN	123	
JURASSIQUE	SUPÉRIEUR (MALM)	BERRIASIEN	131	
		TITHONIEN	135	
		KIMMÉRIDIEN	141	
	MOYEN (DOGGER)	OXFORDIEN	146	
		CALLOVIEN	154	
		BATHONIEN	160	
		BAJOCIEN	164	
	INFÉRIEUR (LIAS)	AALÉNIEN	170	
		TOARCIEN	175	
		PLIENSBACHIEN	184	
TRIAS	SUPÉRIEUR	SINÉMURIEN	191	
		HETTANGIEN	200	
		RHÉTIEN	203	
	MOYEN	NORIEN	220	
		CARNIEN	230	
	INFÉRIEUR	LADINIEN	233	
		ANISIEN	240	

Collision Nord-Sud

Ouverture océanique et mouvement sénestre de l'Espagne

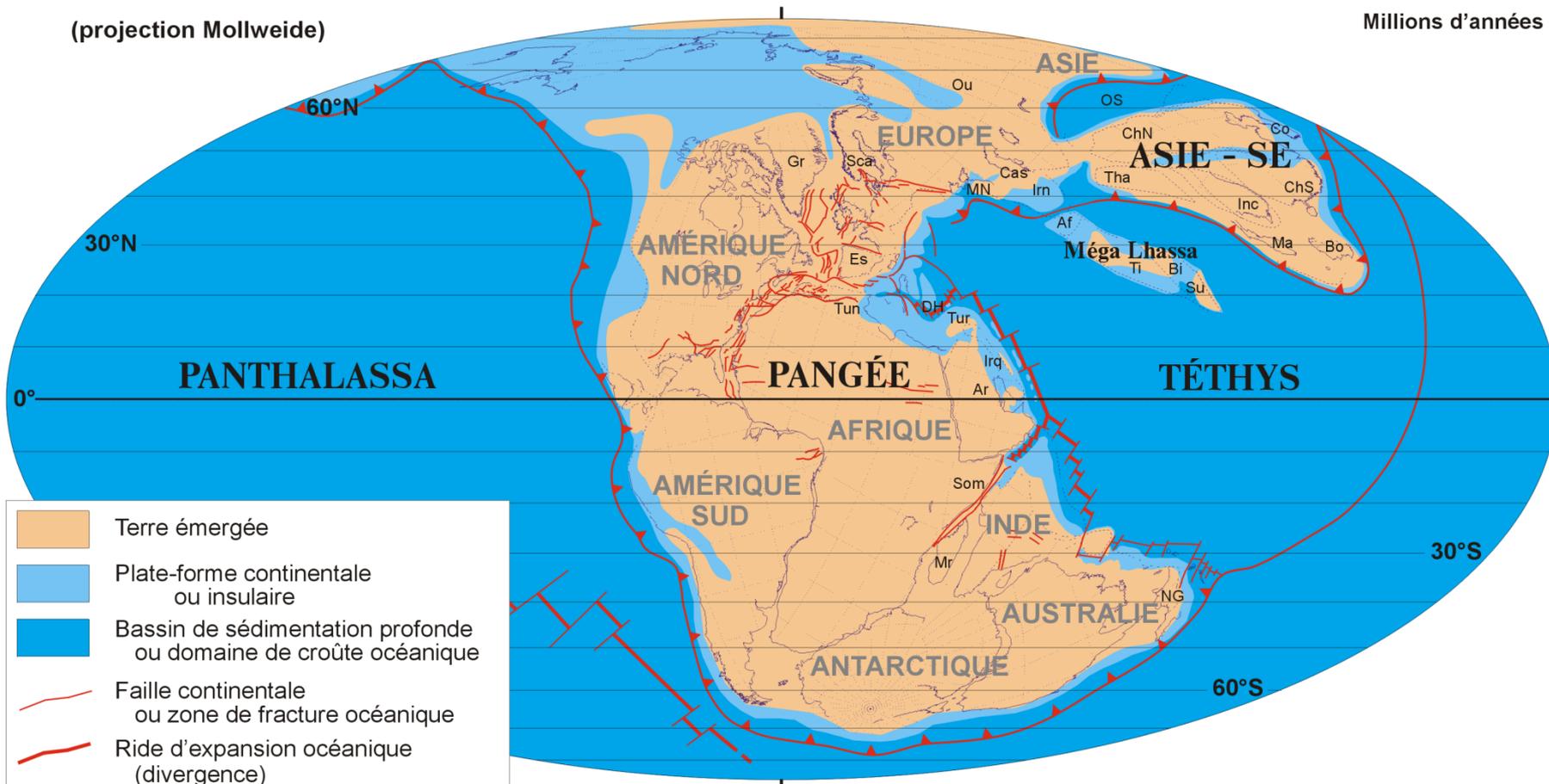
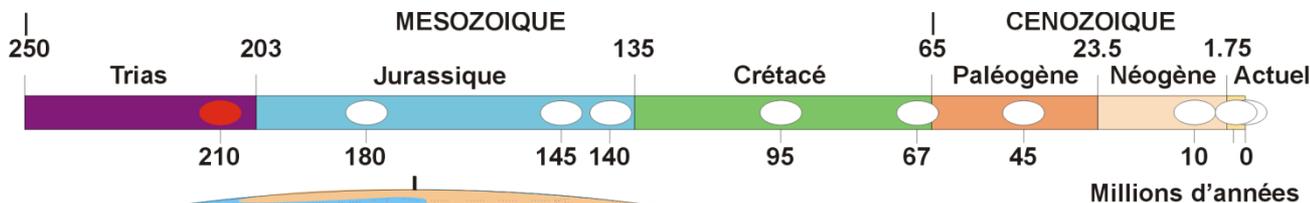
	Golfe de Gascogne	Aquitaine et Pyrénées émergées	Mouvements de l'Ibérie par rapport à l'Europe stable
ÈRE QUATERNAIRE 0			
Miocène	calme tectonique relatif	calme tectonique relatif	
Oligocène			
Eocène 40	Subduction partielle des fonds océaniques du golfe de Gascogne en direction du Sud, sous l'Ibérie. Déformation de la marge espagnole.	Plissement des Pyrénées : déformation des terrains, métamorphisme léger, soulèvement, érosion des reliefs. Recul progressif de la mer aquitaine en direction de l'Ouest.	convergence → compression
Crétacé supérieur 65	calme tectonique	calme tectonique	
Crétacé inférieur 80	Écartement de l'Ibérie et de la France. Création de croûte océanique. Formation des marges continentales armoricaine et espagnole.	Formation des marges continentales aquitaine et pyrénéenne, séparées par un bassin marin profond.	divergence → distension
100			
115	Distension de la croûte continentale. Naissance de bassins sédimentaires conservés aujourd'hui sous les marges continentales armoricaine et espagnole.	Distension de la croûte continentale. Naissance de bassins sédimentaires en Aquitaine méridionale (Parentis, Lacq...) et dans la zone nord-pyrénéenne. Volcanisme.	début de la divergence → distension
Jurassique 140			
190	calme tectonique	calme tectonique	
Trias 230	Distension de la croûte continentale. Invasion marine. Début de la séparation entre l'Ibérie et la France ?	Distension de la croûte continentale. Volcanisme et invasion marine.	divergence faible → distension
ÈRE PRIMAIRE			

Boillot, J. Pour la Science n°27 janv 1980

NORIEN (220-210 Ma)

Position à 210 Ma

(projection Mollweide)



- Terre émergée
- Plate-forme continentale ou insulaire
- Bassin de sédimentation profonde ou domaine de croûte océanique
- Faille continentale ou zone de fracture océanique
- Ride d'expansion océanique (divergence)
- Zone de subduction (convergence)
- Zone de chevauchement ou collision

Bruno Vrielynck (2001)

Planche 1

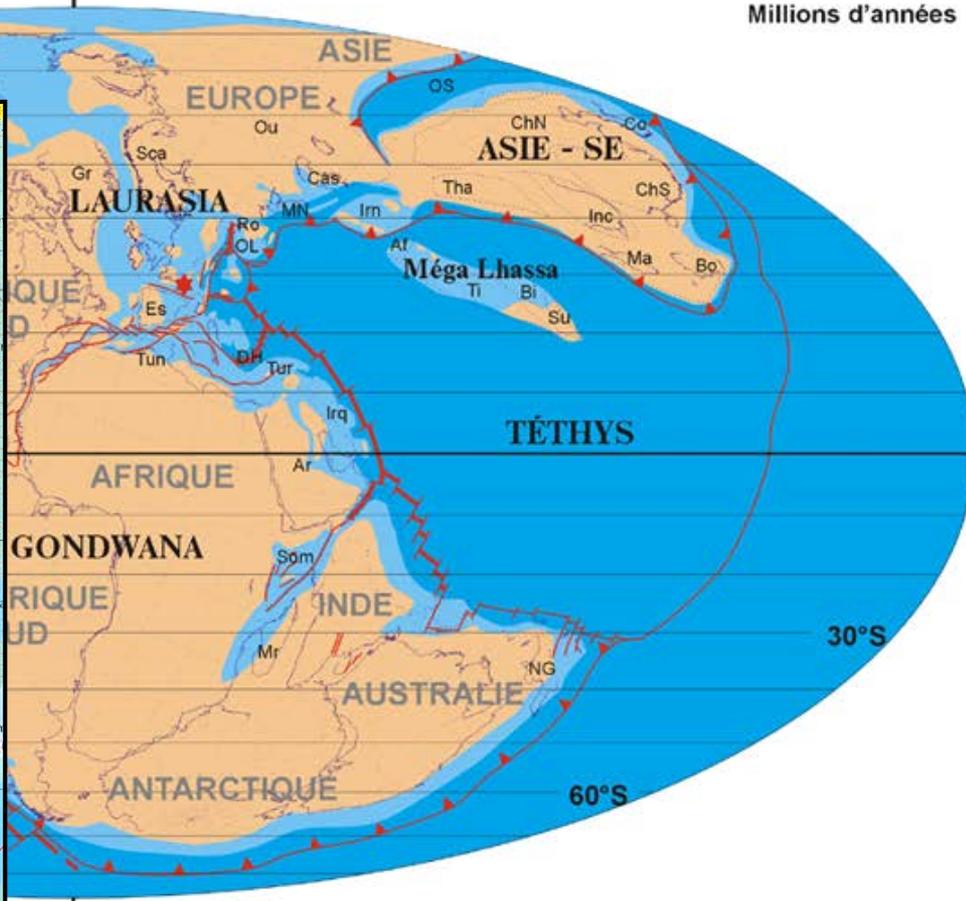
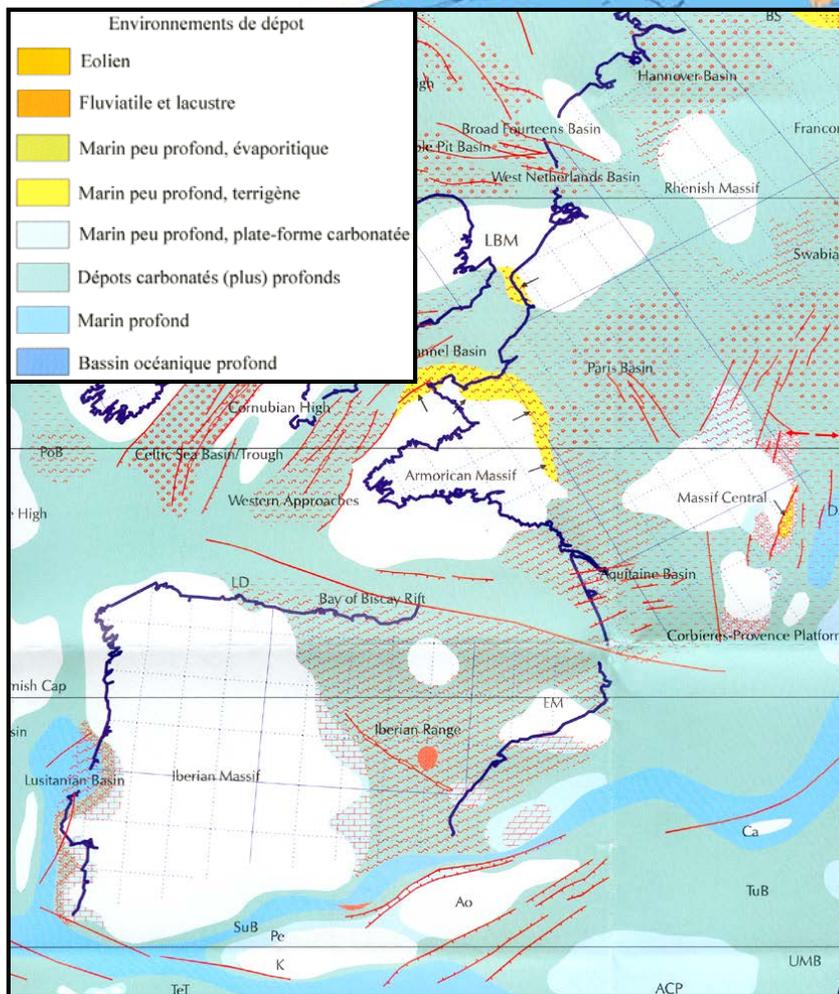
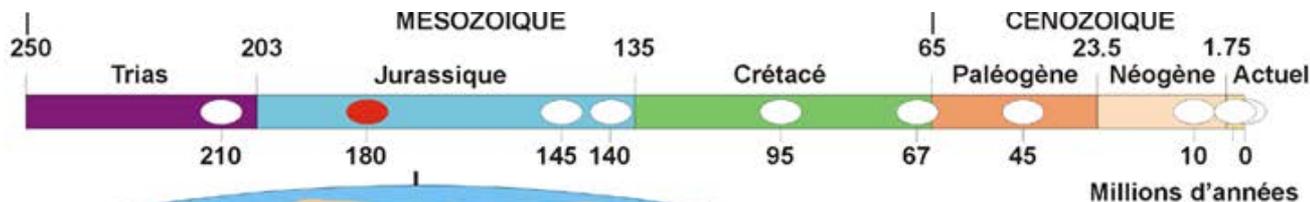
Le visage changeant de la Terre, Bruno Vrielynck * & Philippe Bouysse. Commission de la Carte Géologique du Monde (CCGM), Paris.



TOARCIEN (184-175 Ma)

Position à 180 Ma

(projection Mollweide)



Bruno Vrielynck (2001)

Impact de la météorite de Rochechouart

Planche 2

Le visage changeant de la Terre, Bruno Vrielynck * & Philippe Bouysse. Commission de la Carte Géologique du Monde (CCGM), Paris.



KIMMÉRIDGIEN (146-141 Ma)

Position à 145 Ma

(projection Mollweide)

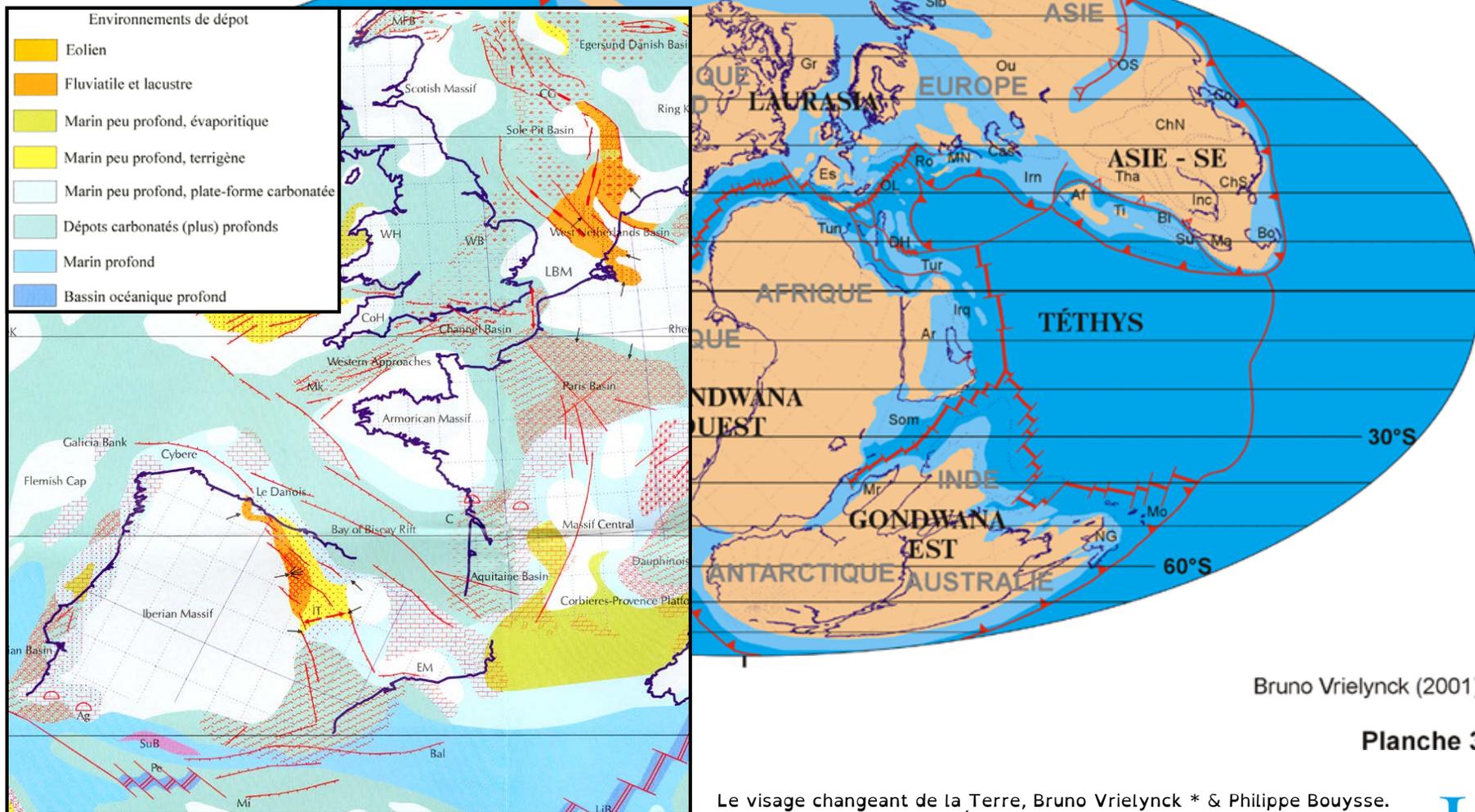
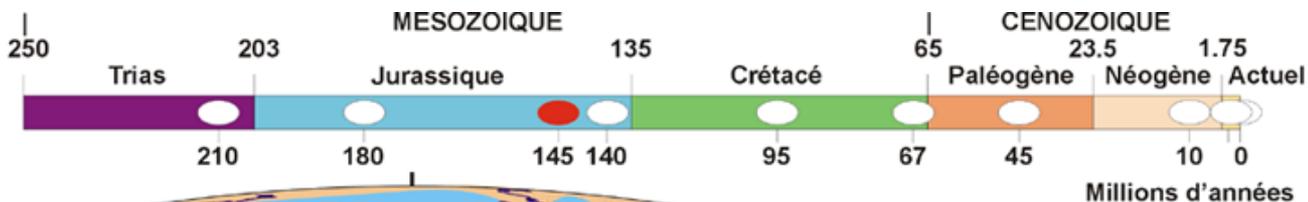


Planche 3

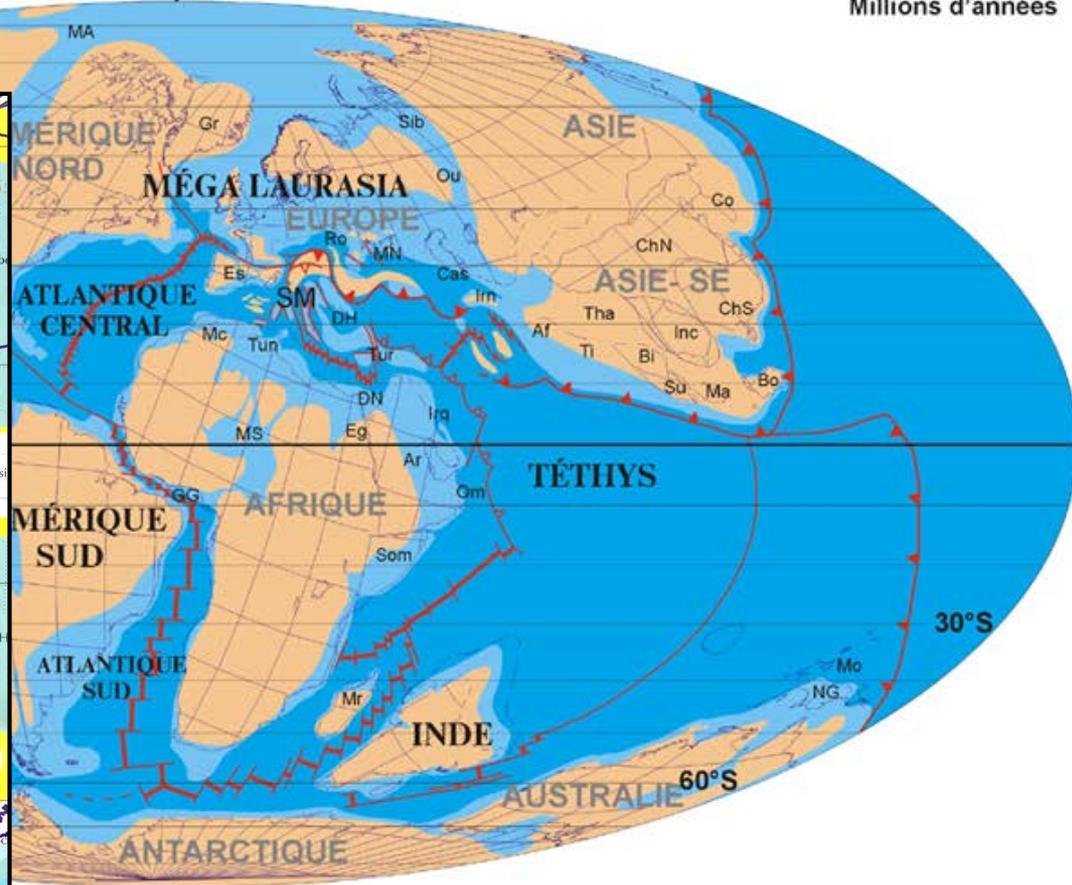
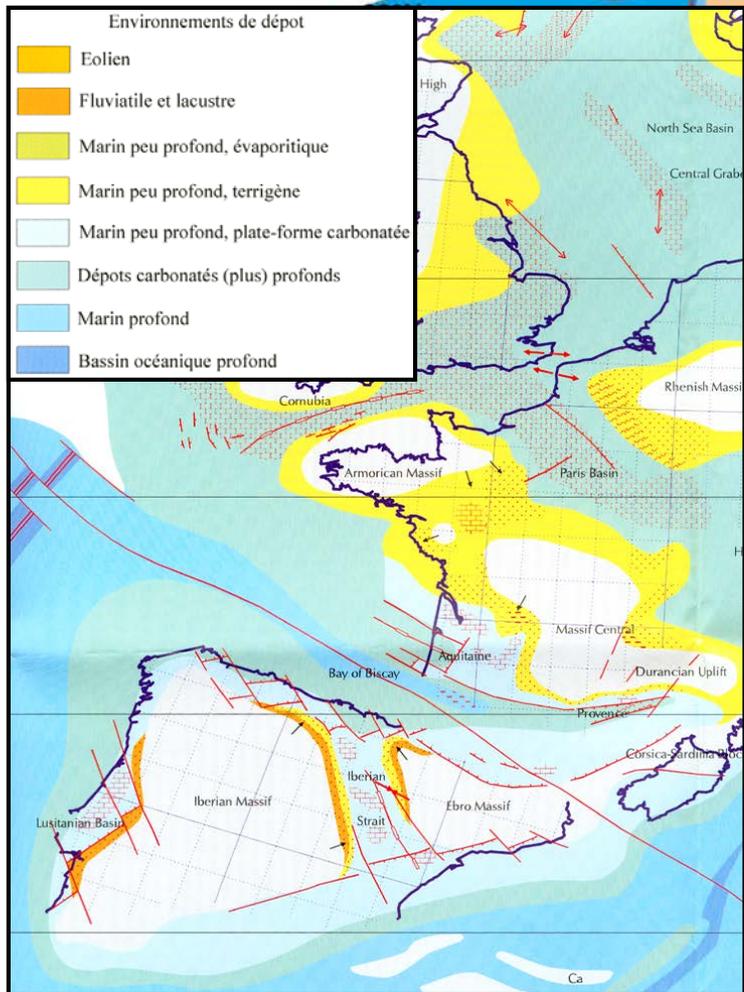
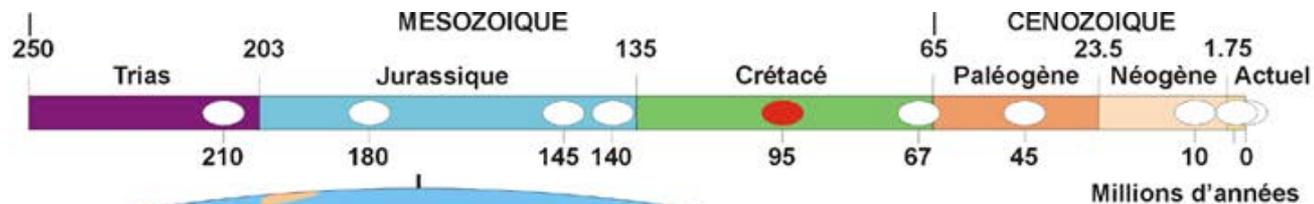
Le visage changeant de la Terre, Bruno Vrielynck * & Philippe Bouysse. Commission de la Carte Géologique du Monde (CCGM), Paris.



CÉNOMANIEN (96-92 Ma)

Position à 95 Ma

(projection Mollweide)



Bruno Vrielynck (2001)

Planche 5

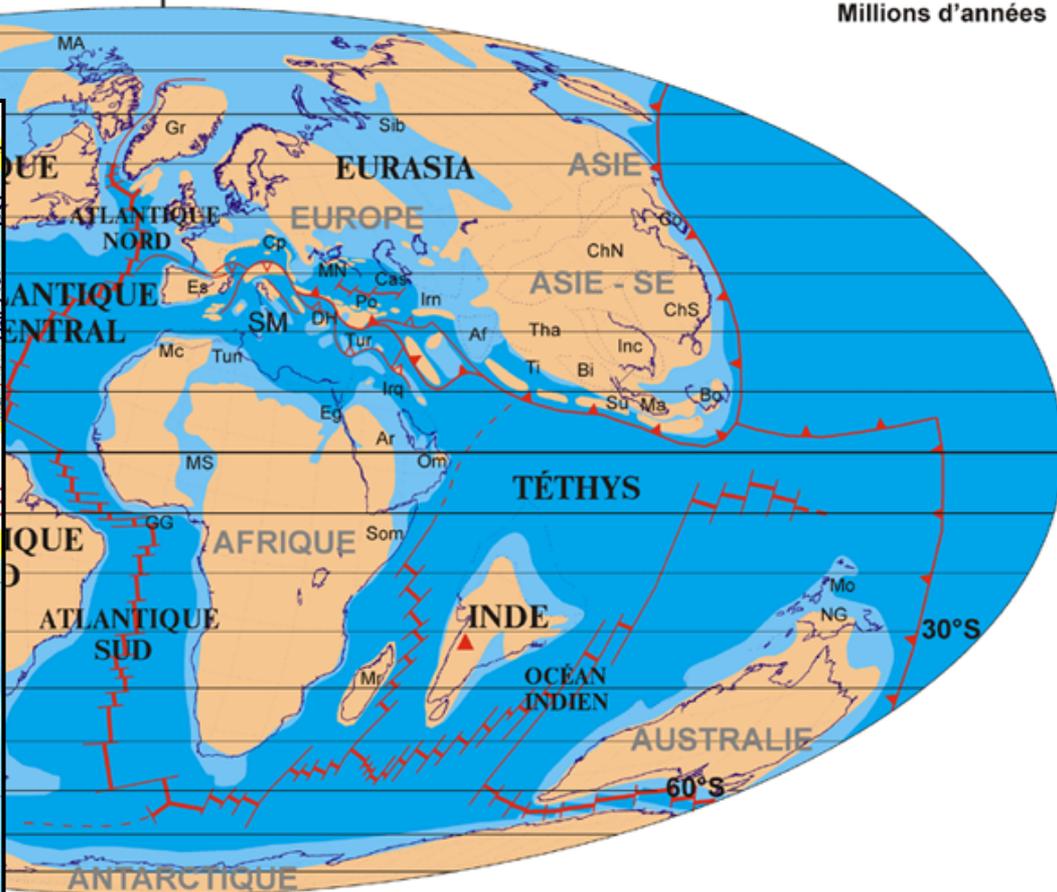
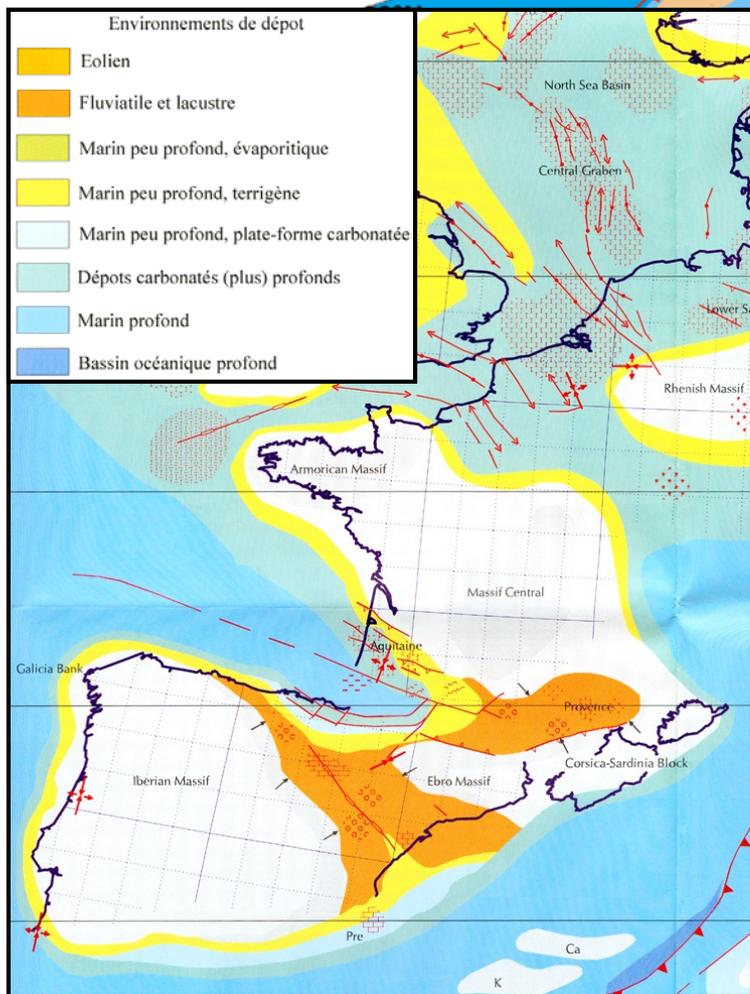
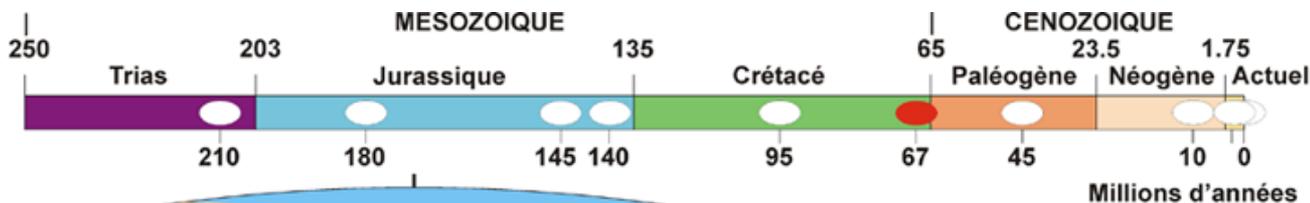
Le visage changeant de la Terre, Bruno Vrielynck * & Philippe Bouysse. Commission de la Carte Géologique du Monde (CCGM), Paris.



MAASTRICHTIEN (72-65 Ma)

Position à 67 Ma

(projection Mollweide)



Traces du Deccan
L'impact de la météorite de Chicxulub

Bruno Vrielynck (2001)

Planche 6

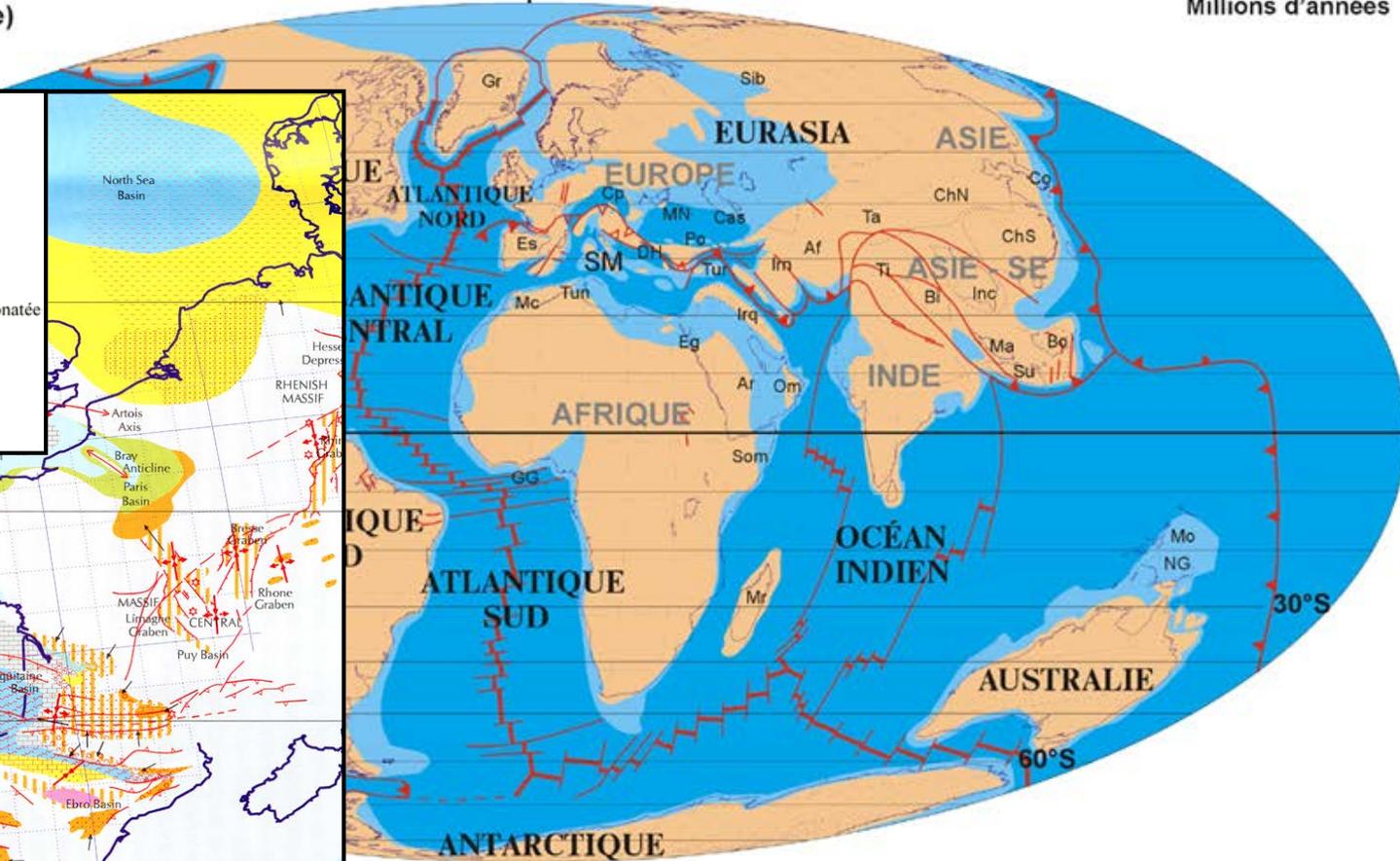
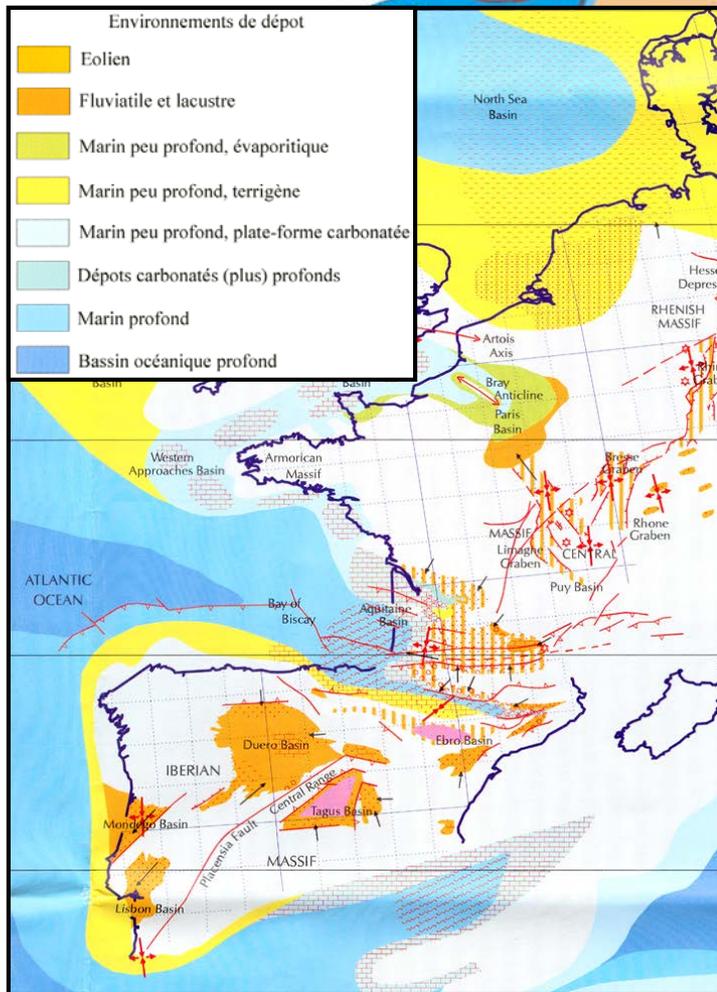
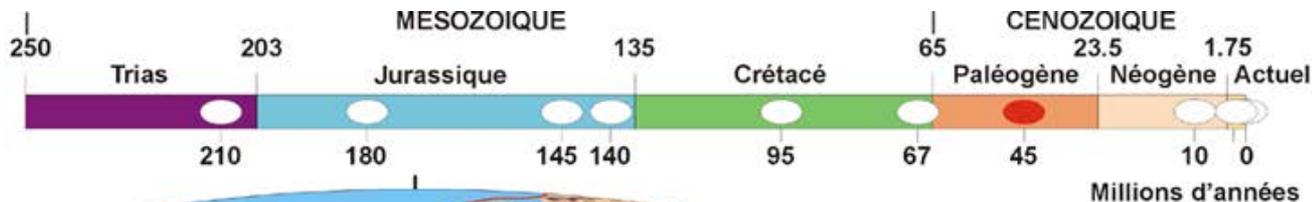
Le visage changeant de la Terre, Bruno Vrielynck * & Philippe Bouysse. Commission de la Carte Géologique du Monde (CCGM), Paris.



LUTÉTIEN (46-40 Ma)

Position à 45 Ma

(projection Mollweide)



Bruno Vrielynck (2001)

Planche 7

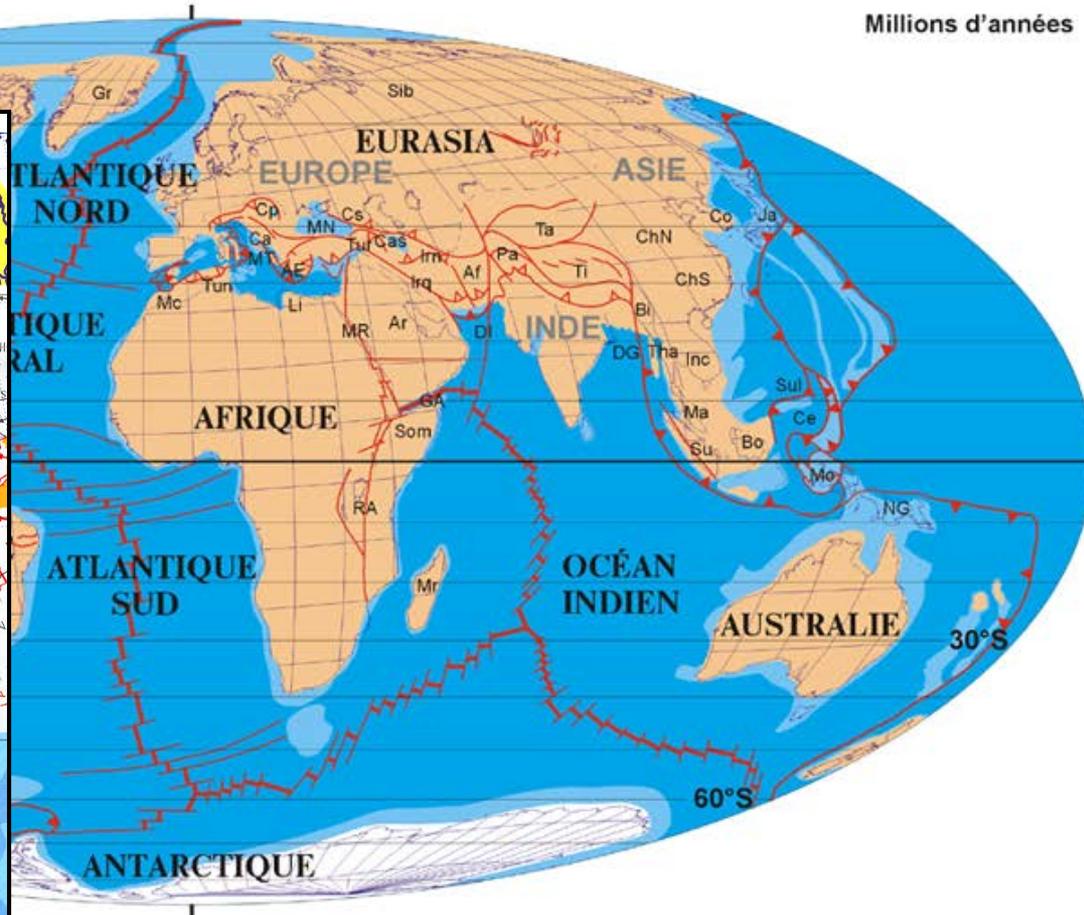
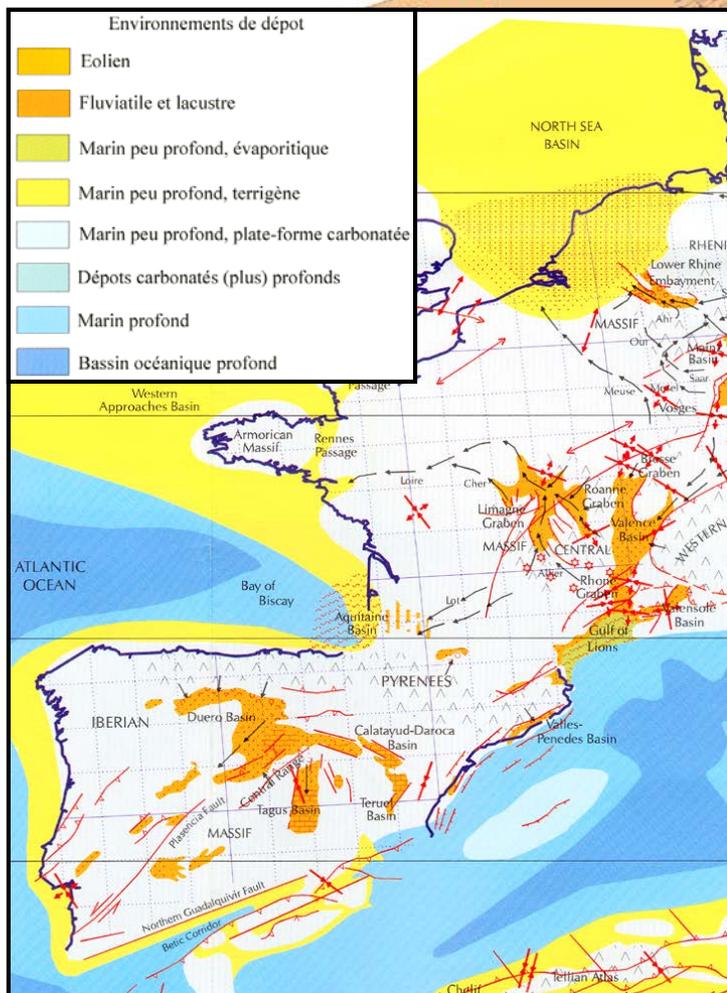
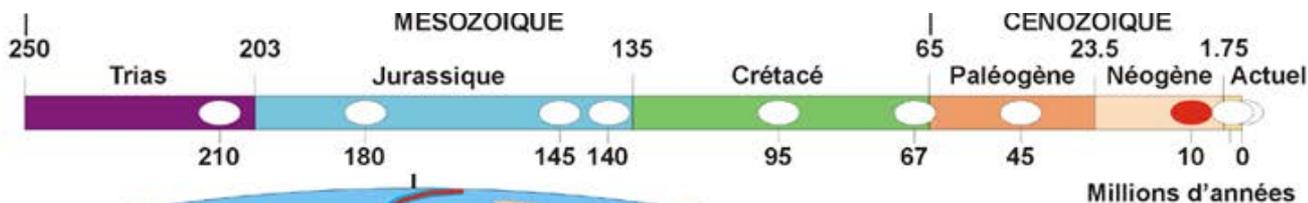
Le visage changeant de la Terre, Bruno Vrielynck * & Philippe Bouysse. Commission de la Carte Géologique du Monde (CCGM), Paris.



TORTONIEN (11-7 Ma)

Position à 10 Ma

(projection Mollweide)

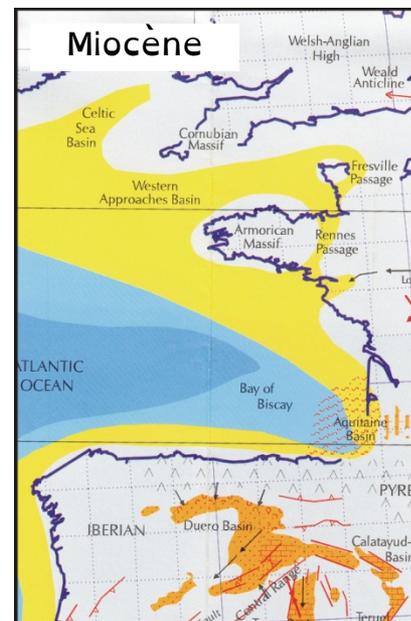
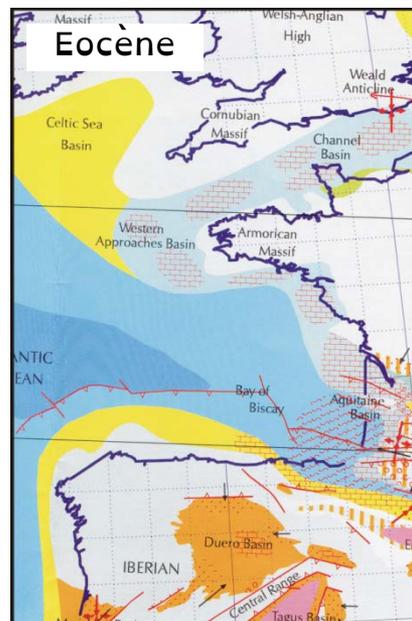
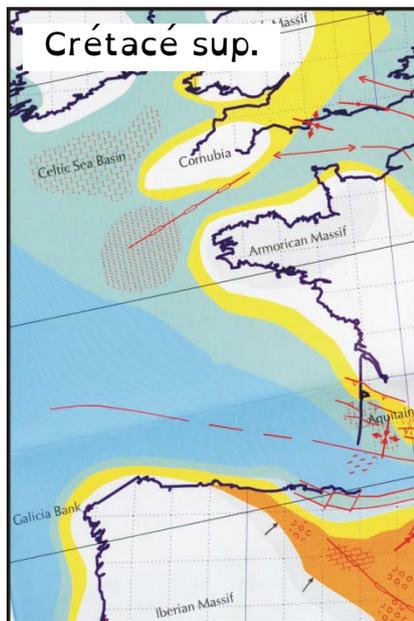
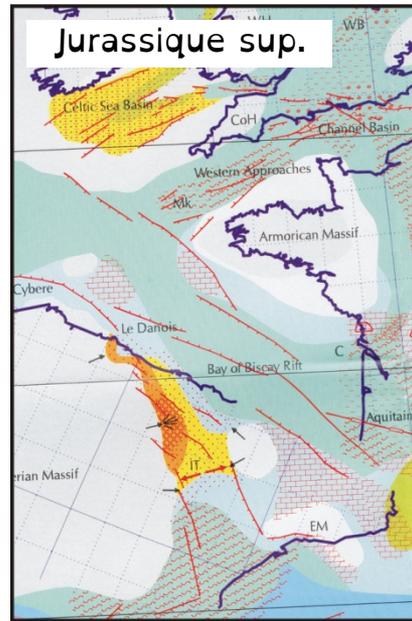
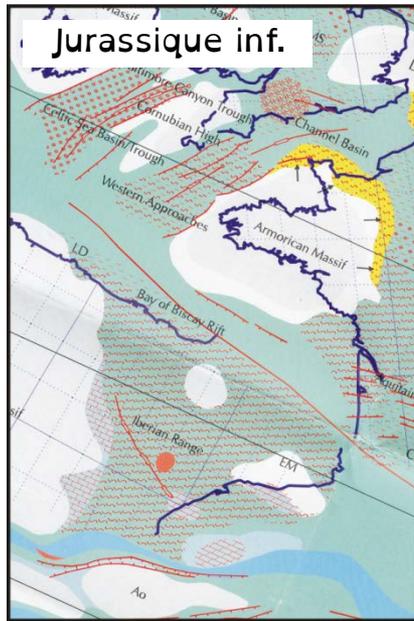


Bruno Vrielynck (2001)

Planche 8

Le visage changeant de la Terre, Bruno Vrielynck * & Philippe Bouysse. Commission de la Carte Géologique du Monde (CCGM), Paris.





TD : La formation des Pyrénnées

Sébastien Zaragosi

Université de Bordeaux

<http://www.zaragosi.fr>

université
de **BORDEAUX**

- I. **Construire l'histoire géologique d'une région fictive.**
Rappels sur la chronologie relative

- II. **Reconstitution de la position des continents autour de l' Atlantique Nord**

A) Le principe de superposition

Dans une série sédimentaire, sous réserve que la disposition initiale soit préservée, toute strate superposée à une autre est plus récente



[http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/pla
nete_terre.html](http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/pla
nete_terre.html)

A) Le principe de superposition

Dans une série sédimentaire, sous réserve que la disposition initiale soit préservée, toute strate superposée à une autre est plus récente



Photo: P.-A. Bourque

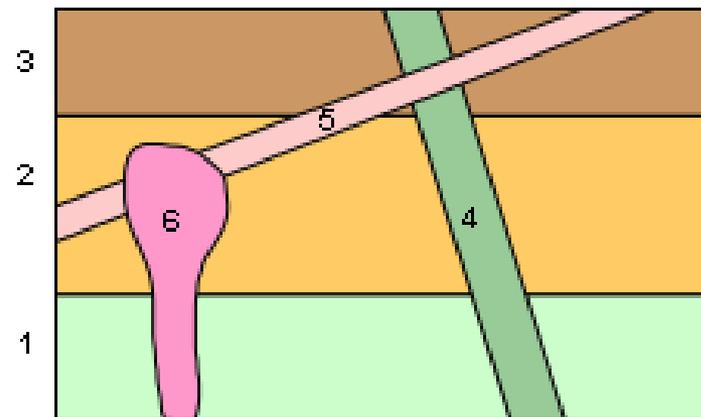
http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

B) Principe de recoupement

Lorsque deux structures ou deux formations se recoupent, celle qui recoupe l'autre lui est postérieure



http://www-geol.unine.ch/cours/geol/09_structure.htm

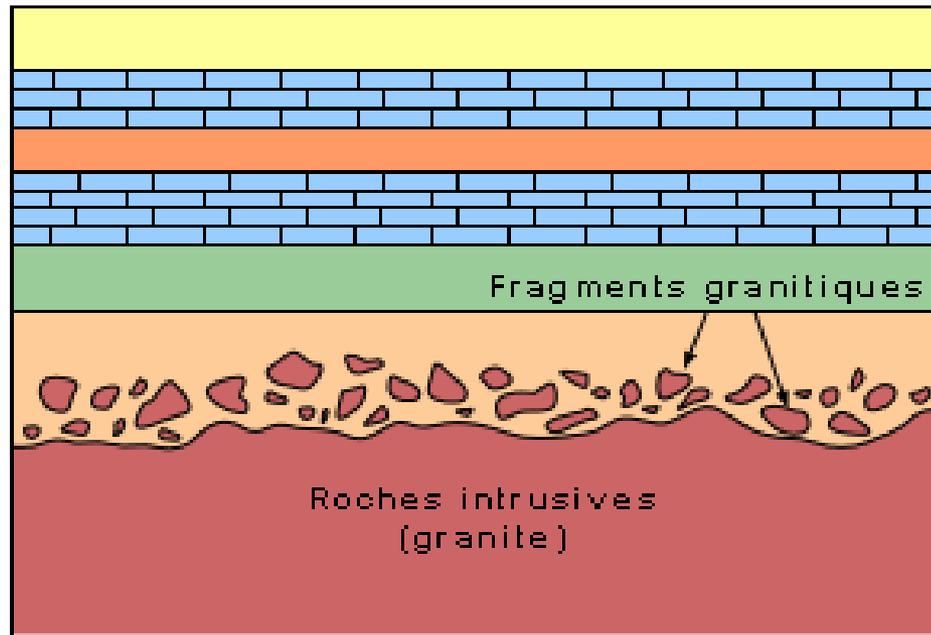


http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/pla nete_terre.html



C) Principe d'inclusion

L'observation d'objets géologiques contenus en inclusion dans une roche permet d'établir leur antériorité par rapport à la roche qui les renferme



Couches
sédimentaires

On a ici un contact irrégulier (discordant) entre une masse intrusive et une couche sédimentaire. Normalement, on serait enclin à conclure que l'intrusif est plus jeune que les couches qui l'entourent ou le recouvrent. Mais ici il faut voir que la roche sédimentaire, qui représente un ancien sédiment, contient des fragments du granite.

Cette situation implique que le granite a été exposé un jour à l'action de l'érosion et que les particules de granite arrachées au massif par l'érosion ont été incorporées dans le sédiment qui a recouvert le massif. Nécessairement, l'intrusif est plus vieux que les couches sédimentaires sus-jacentes.

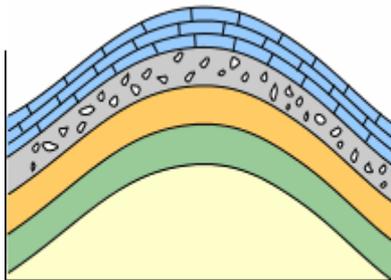
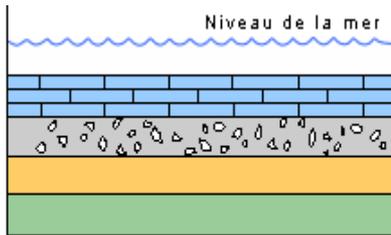
http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/intro.pt/planete_terre.html

D) Notion de discordance

Lorsqu'une formation sédimentaire recouvre directement plusieurs terrains appartenant à des étages différents, on dit qu'elle est **discordante** sur ceux-ci.

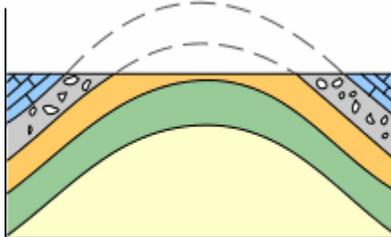
Le tracé de la limite inférieure de la couche discordante recoupe plusieurs limites de terrains antérieurs

Lorsque les terrain antérieurs à la discordance ont été déformés, il existe une différence importante de pendage de part et d'autre de la discordance, on parle alors de **discordance angulaire**



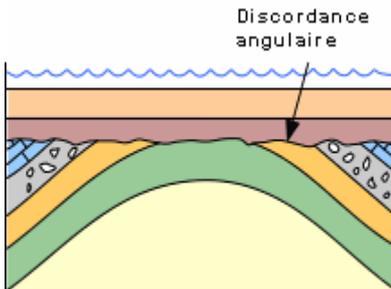
Plissement et soulèvement

Il est fréquent que les forces tectoniques de compression plissent ces couches originellement horizontales



Érosion

Les couches plissées sont subséquemment érodées et les reliefs aplanis



Nouveau dépôt

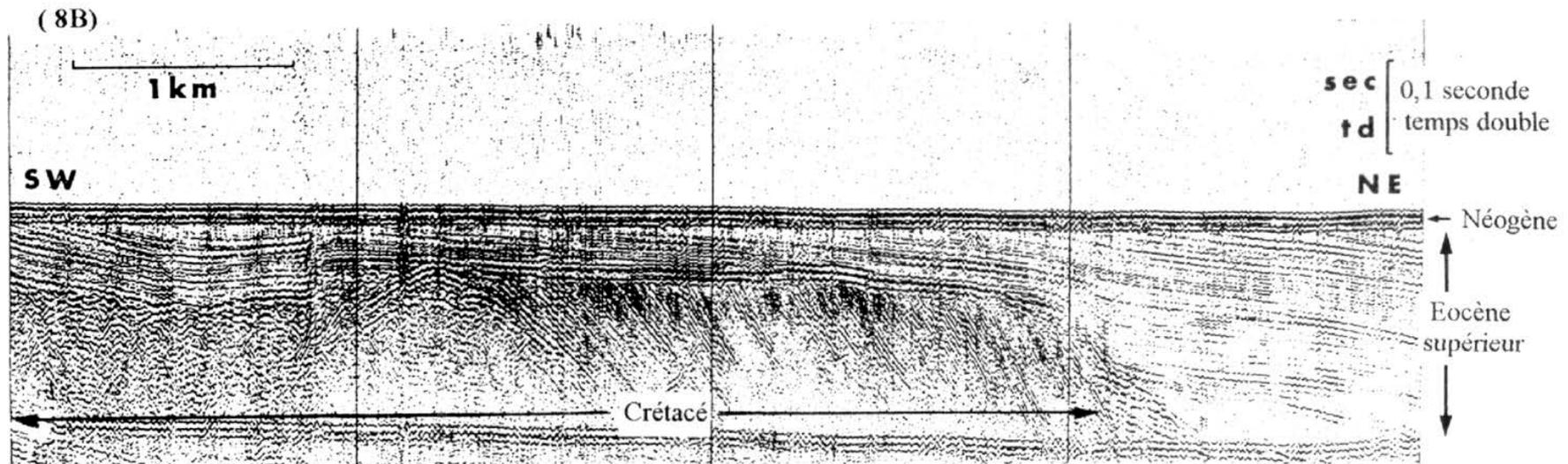
Si d'autres couches se déposent au-dessus, par exemple à la faveur d'un envahissement par la mer, il en résulte une relation d'angularité entre les deux ensembles. La surface qui sépare les deux ensembles est une discordance angulaire.

D) Notion de discordance

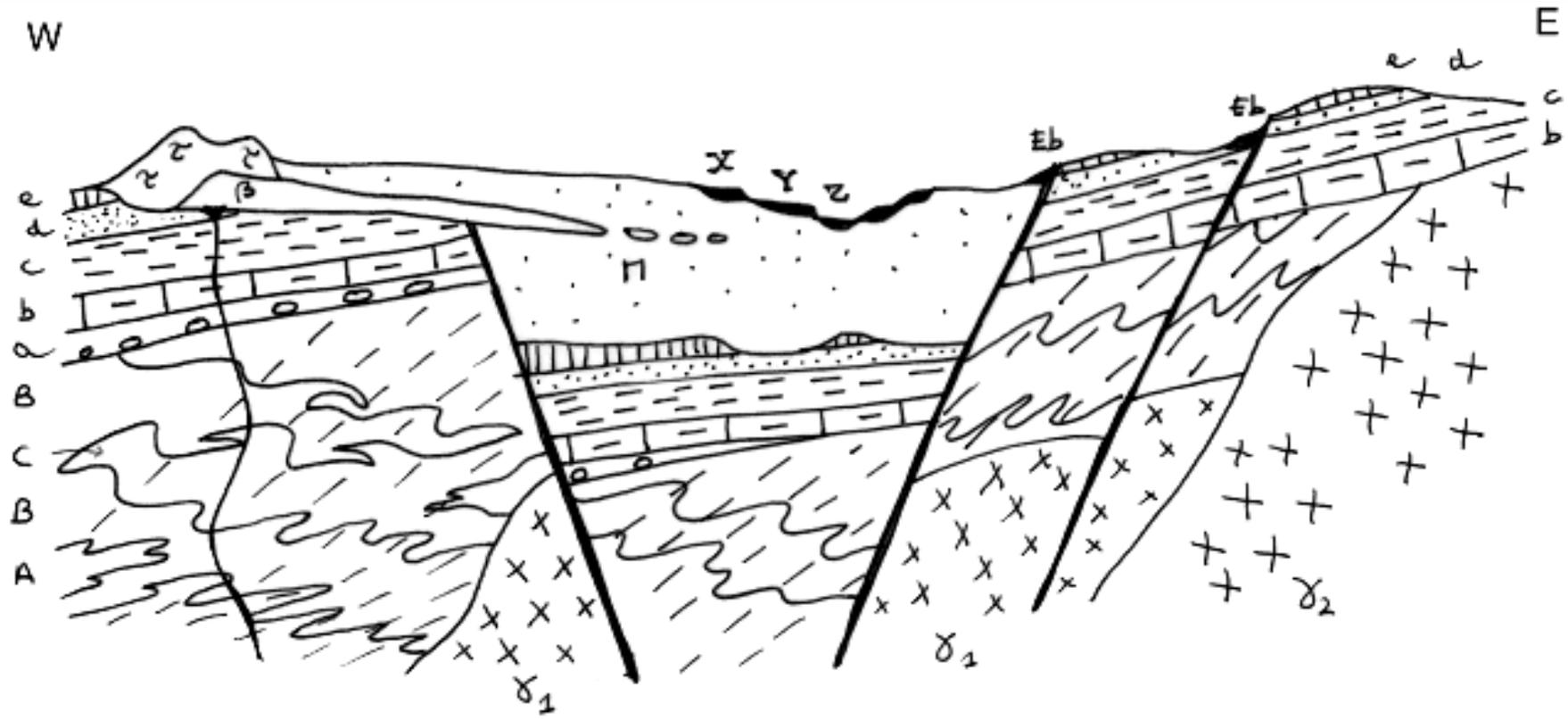
Lorsqu'une formation sédimentaire recouvre directement plusieurs terrains appartenant à des étages différents, on dit qu'elle est **discordante** sur ceux-ci.

Le tracé de la limite inférieure de la couche discordante recoupe plusieurs limites de terrains antérieurs

Lorsque les terrain antérieurs à la discordance ont été déformés, il existe une différence importante de pendage de part et d'autre de la discordance, on parle alors de **discordance angulaire**



Fascicule

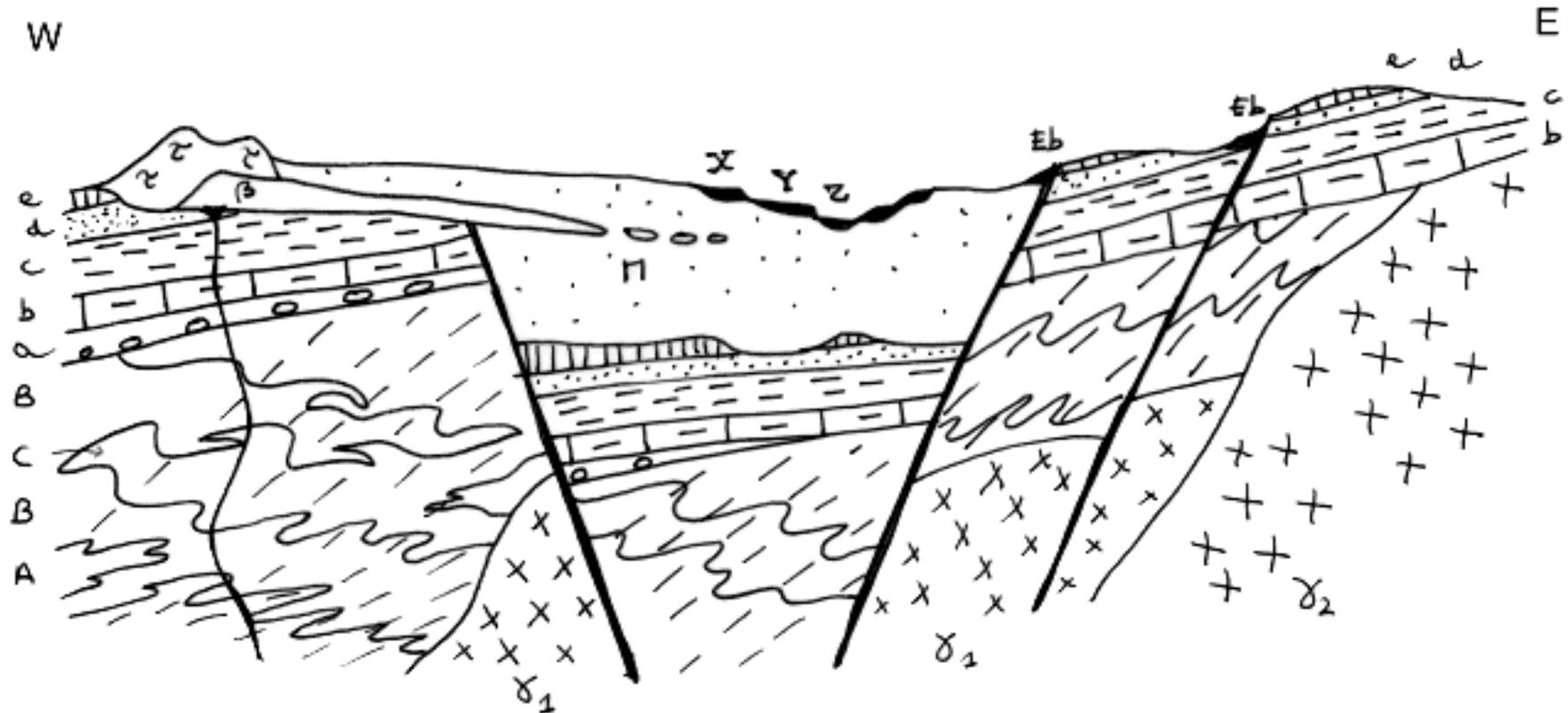


A, B, et C : Couches sédimentaires
a : Poudingue
b, c d, e et M : Couches sédimentaires
Eb : éboulis
X, Y et Z : Terrasses alluviales

γ_1 et γ_2 : Granite
 β : Dyke et coulée de basalte.
 τ : Scories de trachyte.

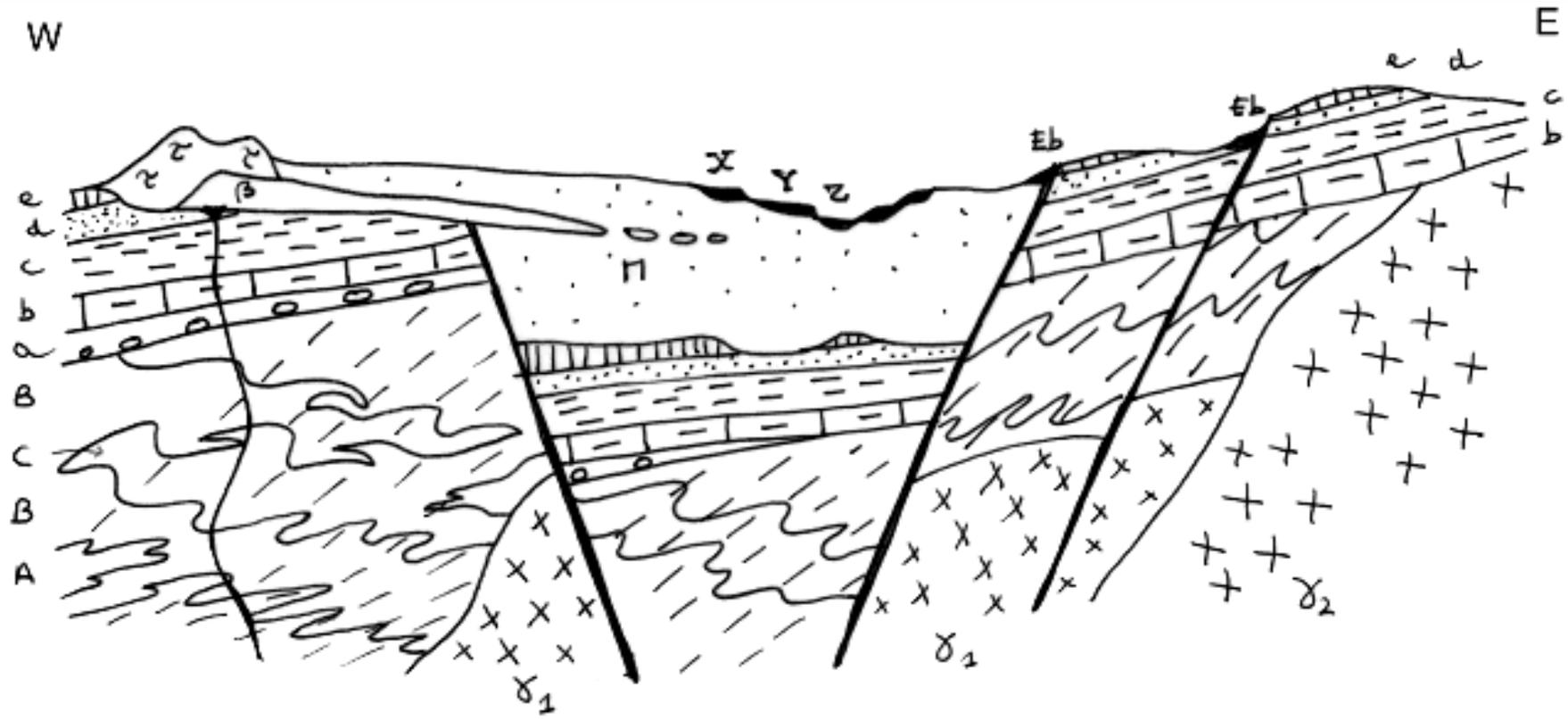
Fascicule





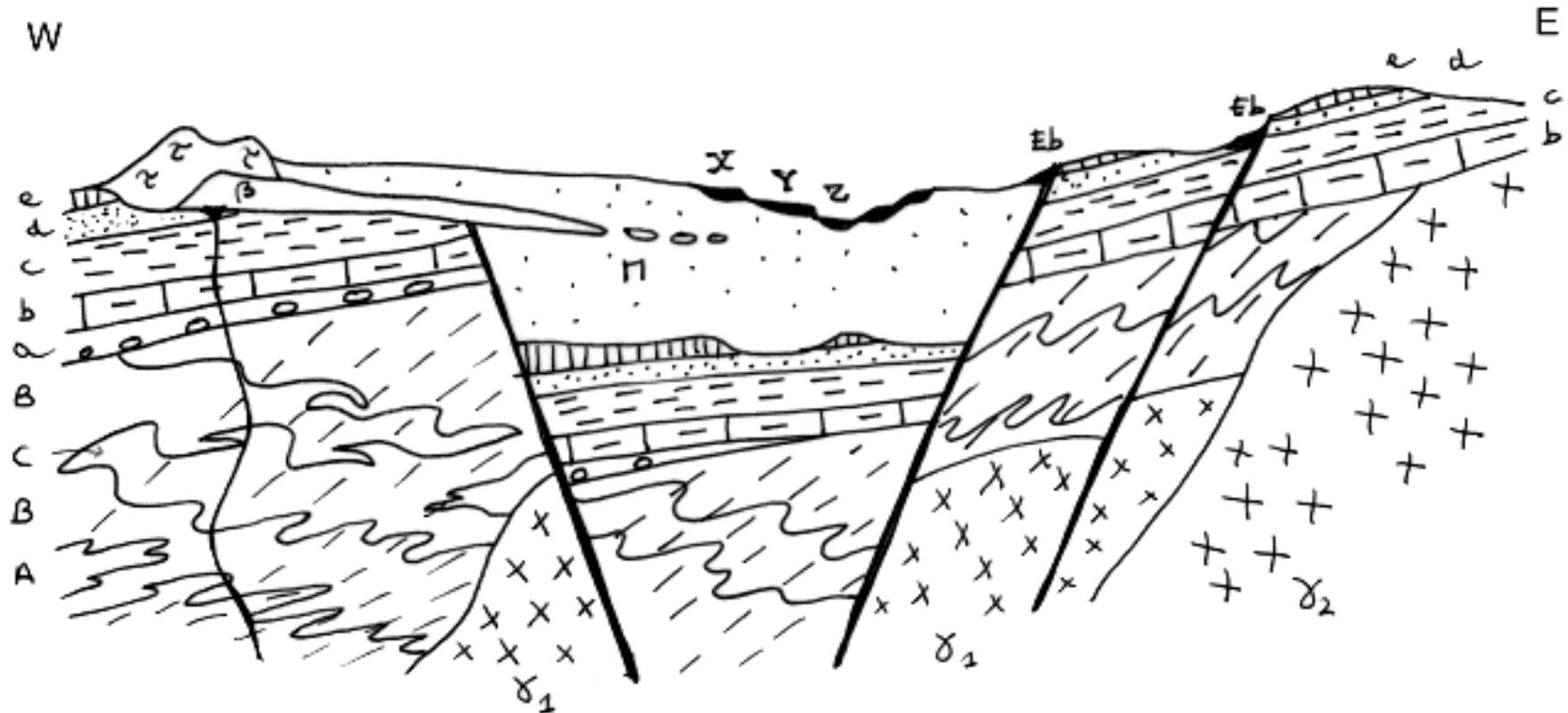
- 1- Dépôts des couches sédimentaires A, B et C.
- 2- Déformation de ces couches : formation des plis couchés de première génération : P1
- 3- Déformation des couches A, B et C : formation des plis déjetés de deuxième génération (P2)
- 4- Mise en place du granite γ_1 .
- 5- Mise en place du granite γ_2 .
- 6- Érosion et pénéplanation.



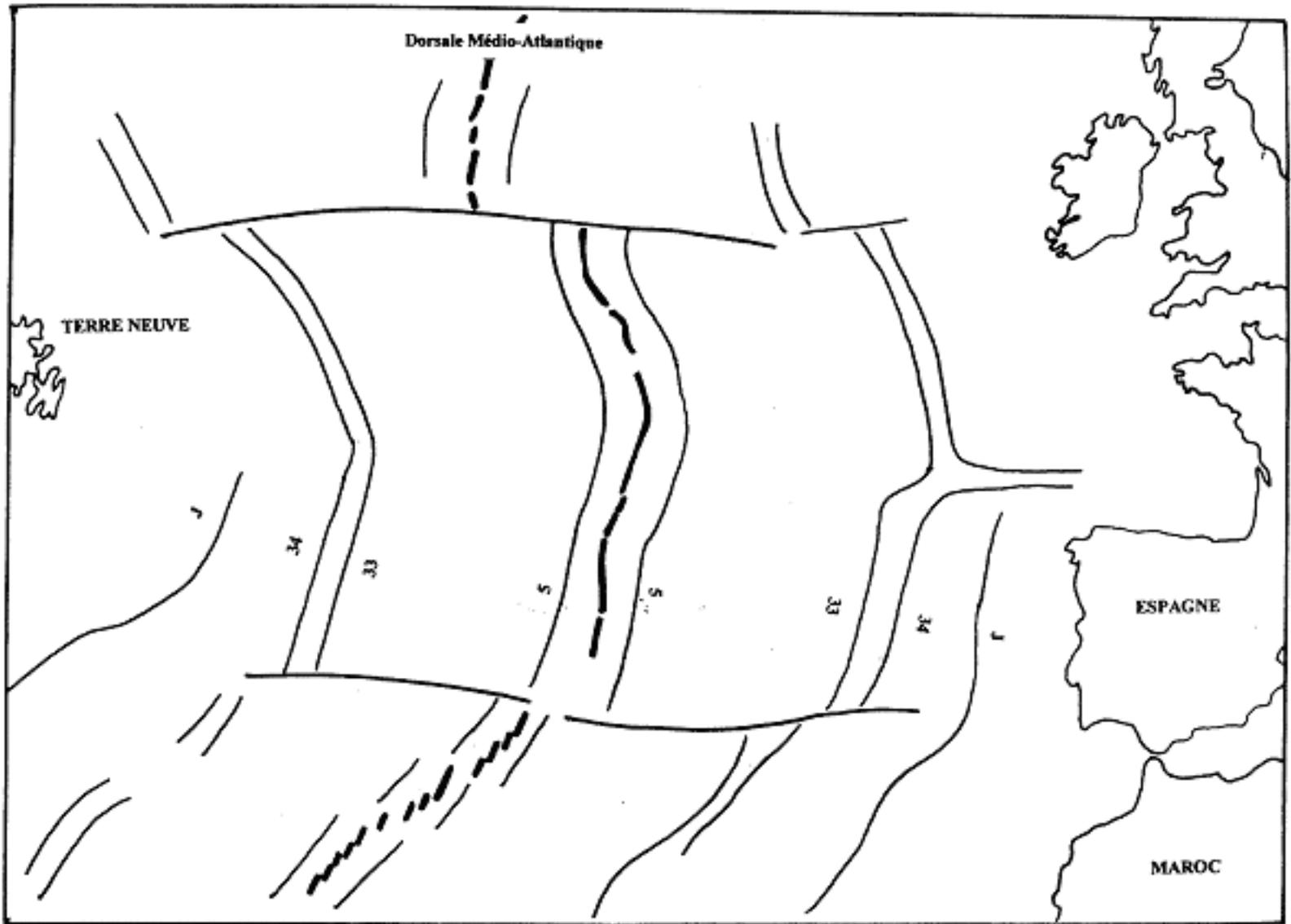


- 7- Dépôt en discordance de la couche sédimentaire a (partie occidentale de la coupe). A remarquer la présence à la base d'un poudingue composé de galets des roches d'âge antérieur (principe d'inclusion).
- 8- Dépôt des couches sédimentaires b, c, d et e. b est discordante sur les terrains A, B et C dans la partie orientale de la coupe.
- 9- Faille normale. Extension.
- 10- Remblaiement du relief par les dépôts M.



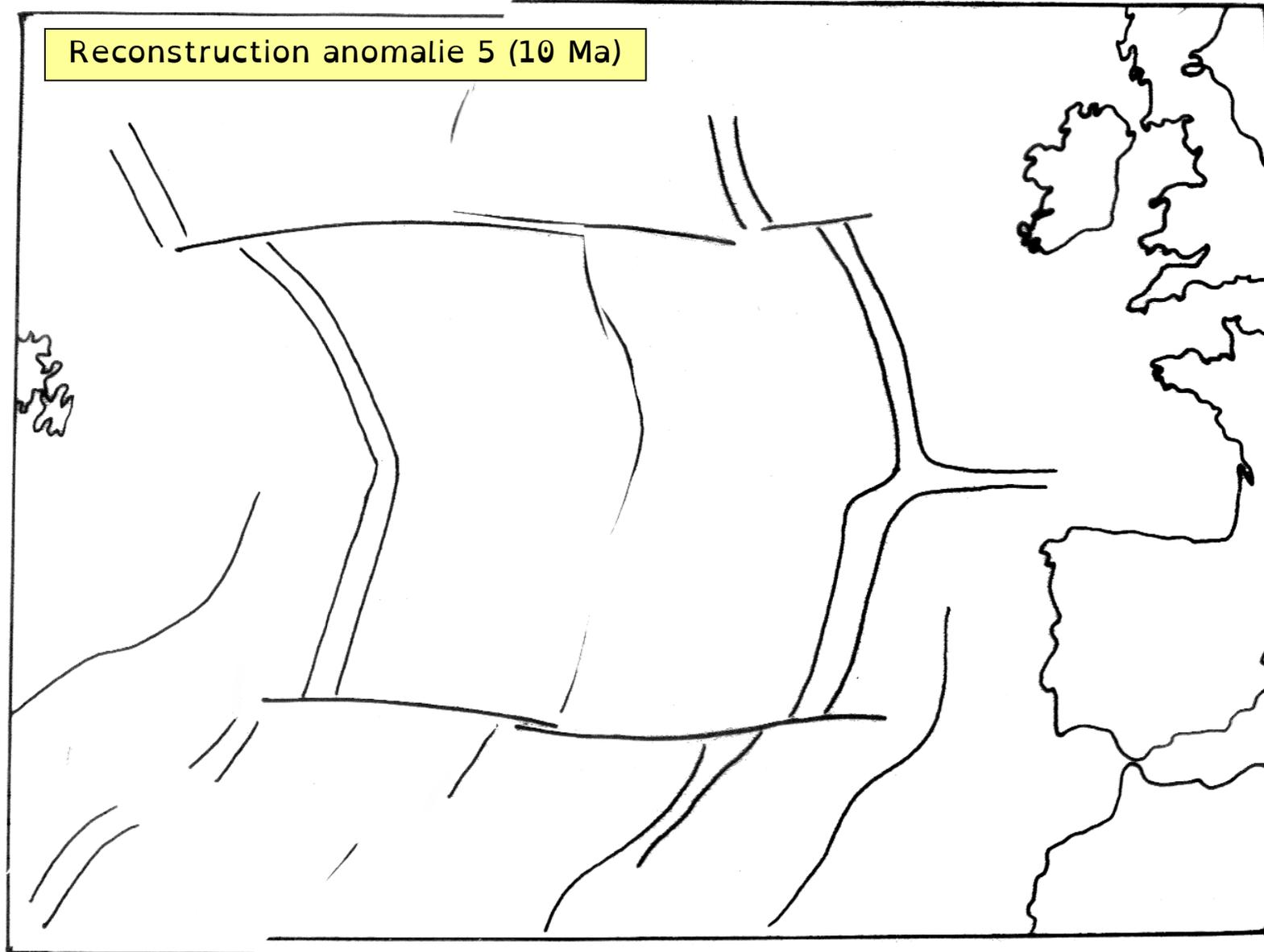


- 11- Dyke et coulée de basalte.
- 12- Scories de trachyte.
- 13- Fin du remblaiement.
- 14- Terrasses alluviales X, Y et Z et éboulis Eb.

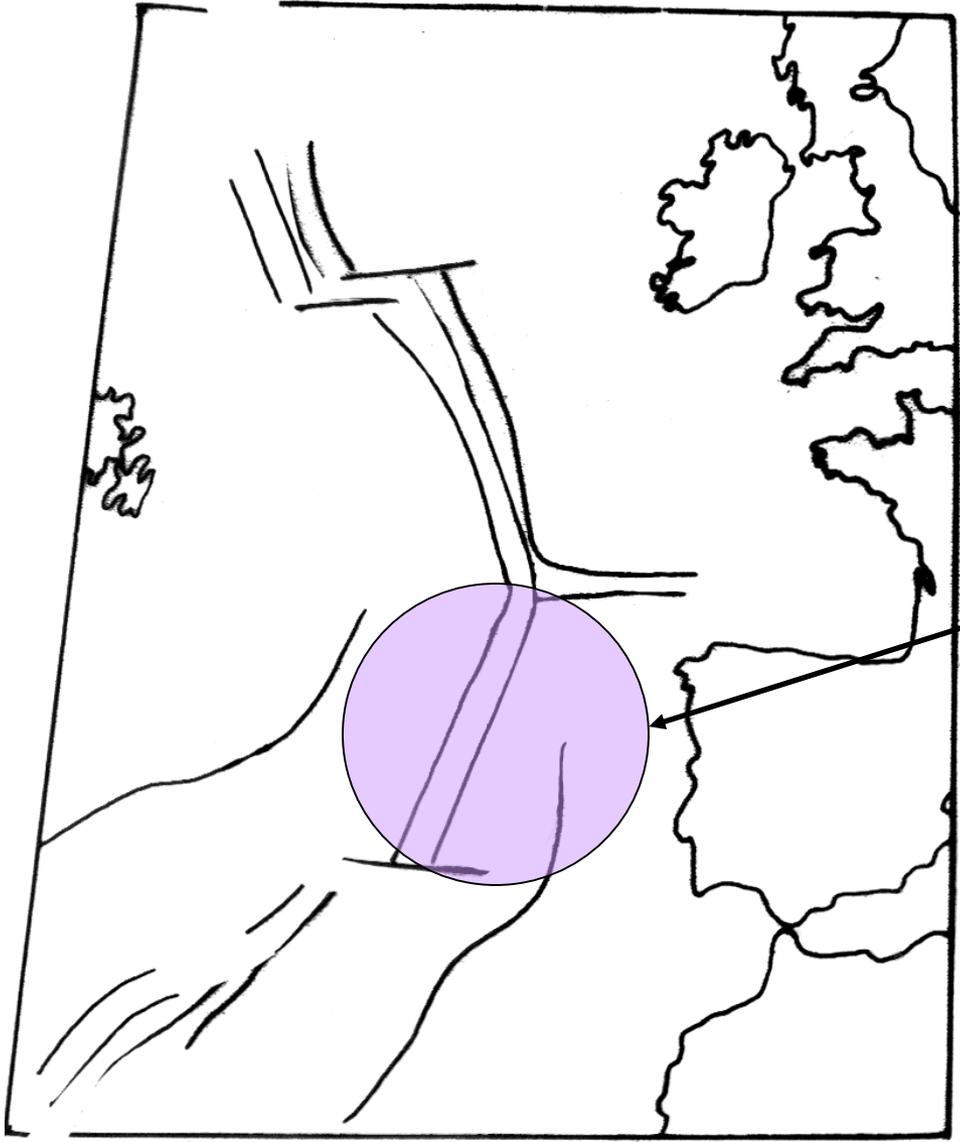


Fascicule





Reconstruction anomalie 33 (75 Ma)



Zone de recouvrement



Reconstruction anomalie J (110 Ma)



