



SESSION 2013

CAPES
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP

Section : SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

COMPOSITION SUR UN SUJET DE GEOLOGIE

Durée : 5 heures

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou des hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement

NB : hormis l'en-tête détachable, la copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

I. A partir des documents ci-joints, présentez le cycle géologique du carbone. Vous considèrerez un état stationnaire à long terme, c'est-à-dire sans tenir compte des fluctuations postérieures à la révolution industrielle. Vous estimerez enfin, autant que possible, les temps de résidence du carbone dans l'atmosphère et les sédiments océaniques de surface.

II. En vous fondant, mais de manière non exclusive, sur une analyse rigoureuse des différents documents, envisagez les processus géologiques intervenant dans les flux entre atmosphère - continent - océan et étudiez ce qui peut les guider ou les faire varier.

III. Discutez les perturbations de ce cycle à différentes échelles de temps (*hors des perturbations anthropiques*). Le cas échéant, il conviendra de rappeler succinctement les principes des méthodes physiques et géochimiques qui ont permis d'établir ces documents.

Le candidat s'attachera à faire une exploitation rigoureuse de l'ensemble des documents et il en dégagera les significations géologiques. Il s'efforcera d'établir autant que possible des liens entre les documents.

Tab. 1 : Masse de carbone (exprimé en Pg) dans différentes enveloppes terrestres

Réservoirs	Masse (Pg C)
Atmosphère	590
Océan (biomasse marine)	3
Océan (C inorganique)	38 000
dont Océan de surface (C inorganique)	900
Océan profond (C inorganique)	37 100
Océan (C organique)	750
dont Océan de surface (C organique)	50
Océan profond (C organique)	700
Sédiments océaniques de surface	3150
dont Fraction carbonatée	2500
Fraction carbonée	650
Continents	3 500
dont Biomasse terrestre	500
Sols (C organique)	1 500
Sols (C inorganique)	1 500
Croûte (= roches issue de la diagenèse des sédiments océaniques)	77,5 10 ⁶
C inorganique	65 10 ⁶
C organique	12,5 10 ⁶
dont combustibles fossiles	4000
Manteau	325 10 ⁶

Pg = 10¹⁵ g = Gt (gigatonnes)

Tab. 2 : Estimation des principaux flux entre réservoirs du carbone (en Pg de C.an⁻¹)

Interface	Nature de la réaction	Pg C.an ⁻¹
Atmosphère/Hydrosphère		
	Solubilisation CO ₂	70
	Dégazage CO ₂	70
Atmosphère/Biosphère continentale		
	Photosynthèse	60
	Respiration	60
Atmosphère/Lithosphère		
	Altération	0,2
Continent/Océan (rivières)		
		0,8
Océan/Sédiment de surface		
	Entrant : Sédimentation des carbonates	0,7
	Sortant : Dissolution des carbonates	0,5
	Entrant : Sédimentation de la matière organique	0,1
	Sortant : Oxydation de la matière organique	0,09
Sédiment surface/Roche		
	Fraction carbonatée	0,2
	Fraction carbonée	< 0,1
Roche/Manteau (Métamorphisme)		
		< 0,1
Manteau/Atmosphère (Volcanisme)		
		< 0,1

Tab. 3 : Quelques réactions chimiques (non exhaustives ...) intéressant le cycle du carbone

<p>Photosynthèse $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{O} + \text{O}_2$</p> <p>Sulfato-réduction $2 \text{CH}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{S} + 2 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Altération d'un plagioclase en kaolinite $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- + \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$</p>

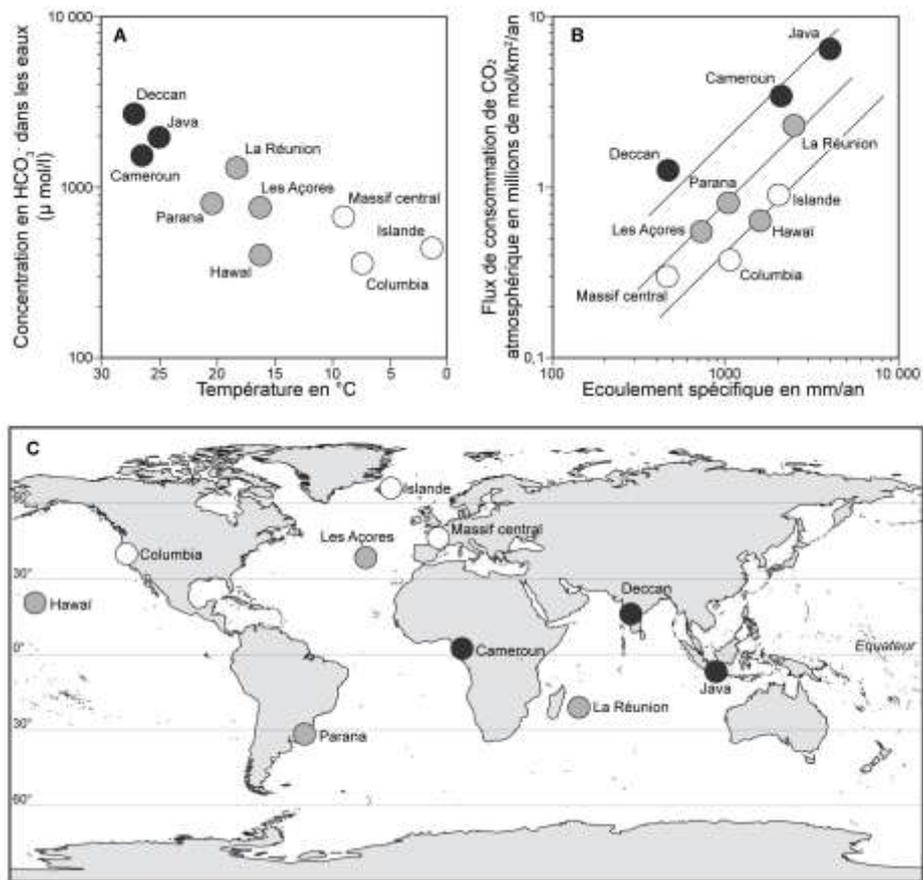


Fig. 1 – A : Concentration en HCO_3^- (en $\mu\text{mol.l}^{-1}$) dans les eaux de rivières drainant différentes provinces basaltiques à la surface du globe. Gaillardet (2006)

B : Flux de consommation de CO_2 atmosphérique pour altération de différentes provinces basaltiques en fonction de l'écoulement spécifique, c'est-à-dire la moyenne annuelle des précipitations (en mm.an^{-1}) par kilomètre carré du bassin. Gaillardet (2006)

C : Localisation des provinces basaltiques citées sur les figures 1A et 1B.

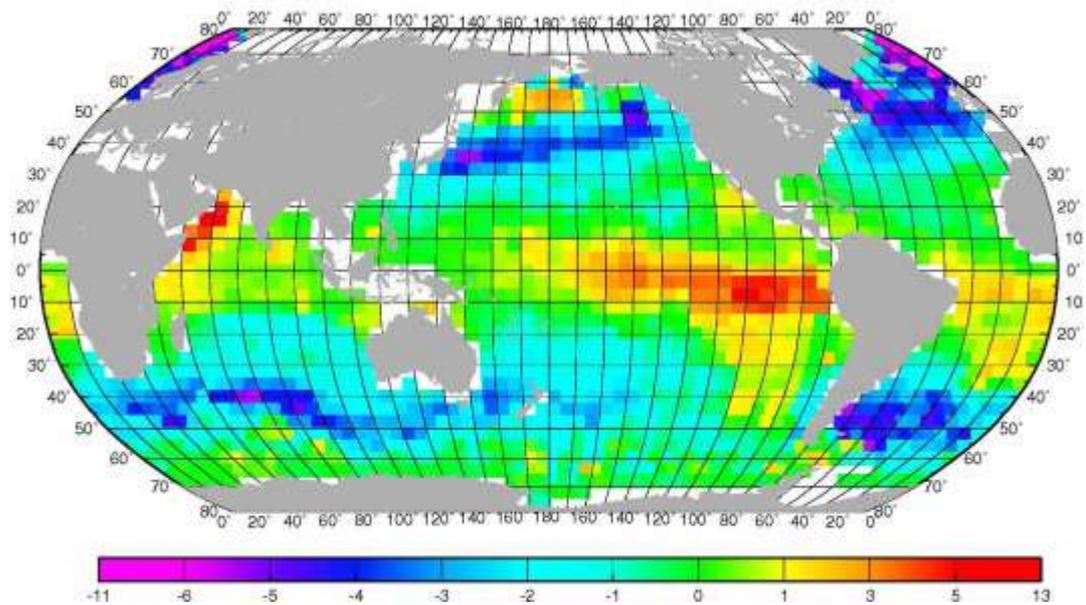


Fig. 2 – Carte des échanges en CO_2 entre l'atmosphère et la surface de l'océan en moles de $\text{CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{an}^{-1}$. Un flux positif correspond à un passage de CO_2 vers l'atmosphère.

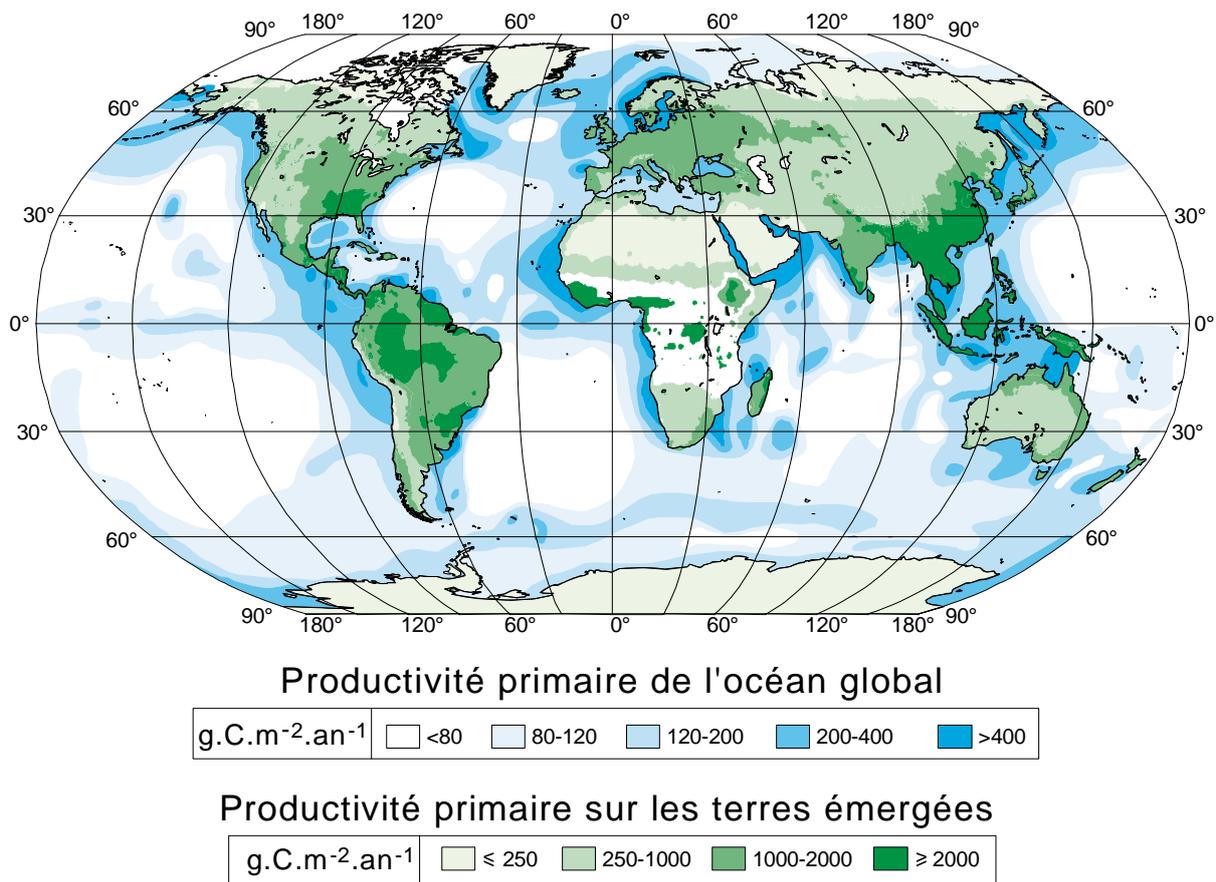


Fig. 3 – Carte de répartition de la productivité primaire dans l'océan et sur les terres émergées (en g.C.m⁻².an⁻¹)

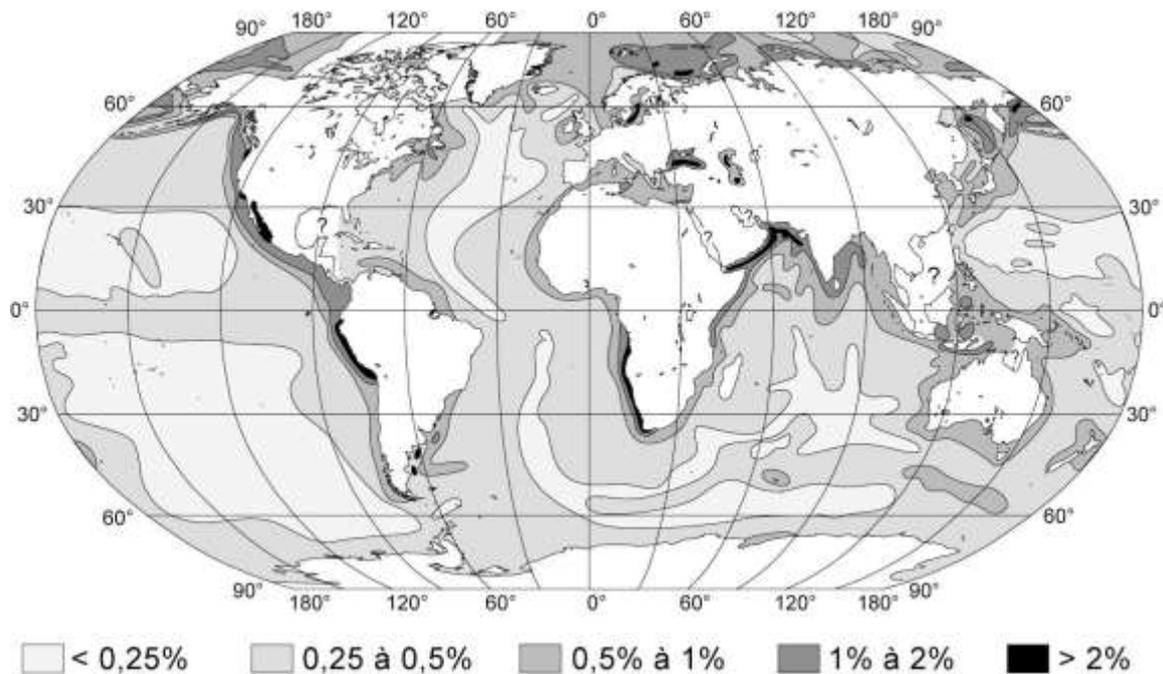
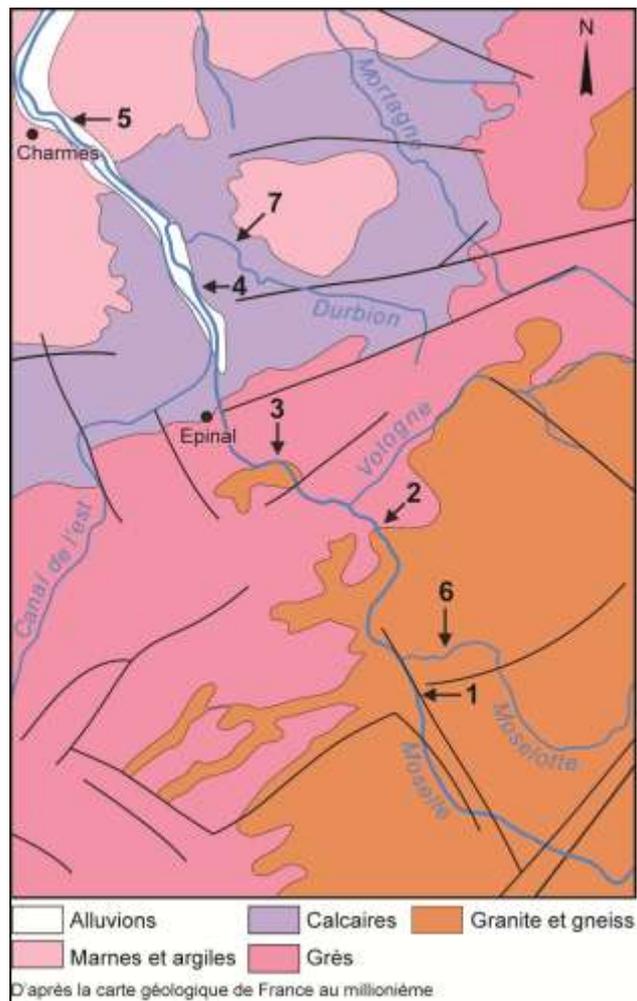


Fig. 4 – Carte de la teneur en carbone organique total (en % pondéral) des sédiments marins de surface (entre 0 et 5 cm sous l'interface eau/sédiment).



Rivière	Site	Conductivité $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	pH	Ca^{2+} $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	HCO_3^- $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$
Moselle amont	1	86	6,6	7,7	18,3
	2	88	6,7	7,9	21,5
	3	99	6,8	9,2	27,4
	4	130	7,2	13,1	35,1
Moselle aval	5	174	7,8	19,8	39,8
Moselotte	6	79	6,4	5,9	21,3
Durbion	7	386	7,6	56	177

Fig. 5 – Paramètres physico-chimiques des eaux de 7 stations réparties sur le bassin versant de la Moselle (Est de la France).

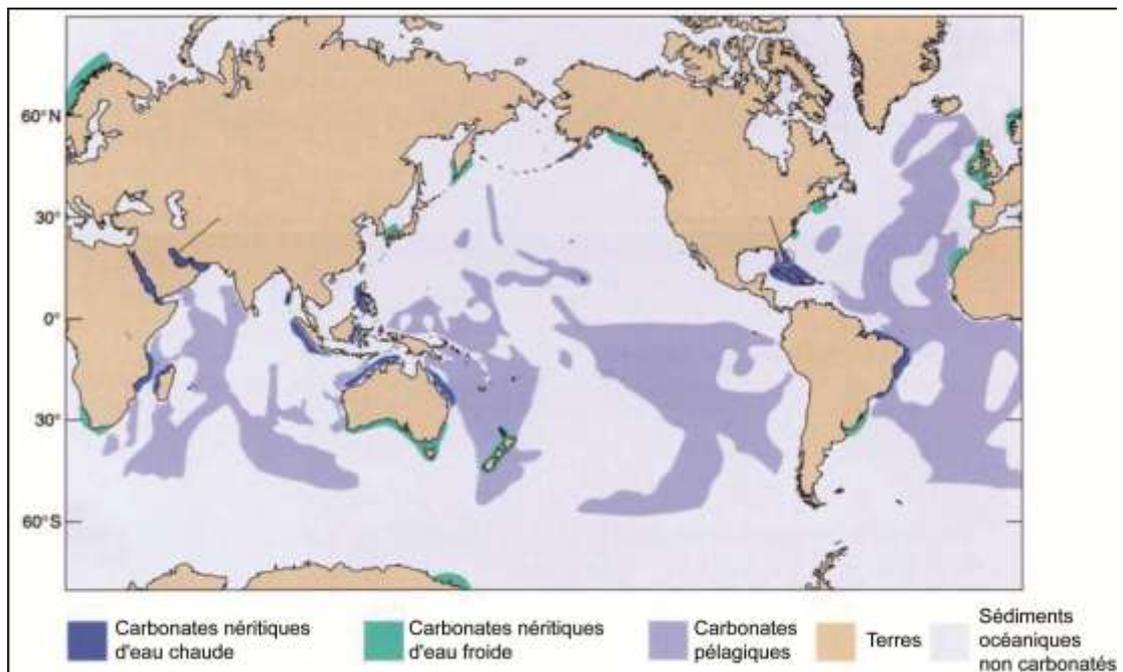


Fig. 6 – Carte de répartition de la sédimentation carbonatée marine actuelle.

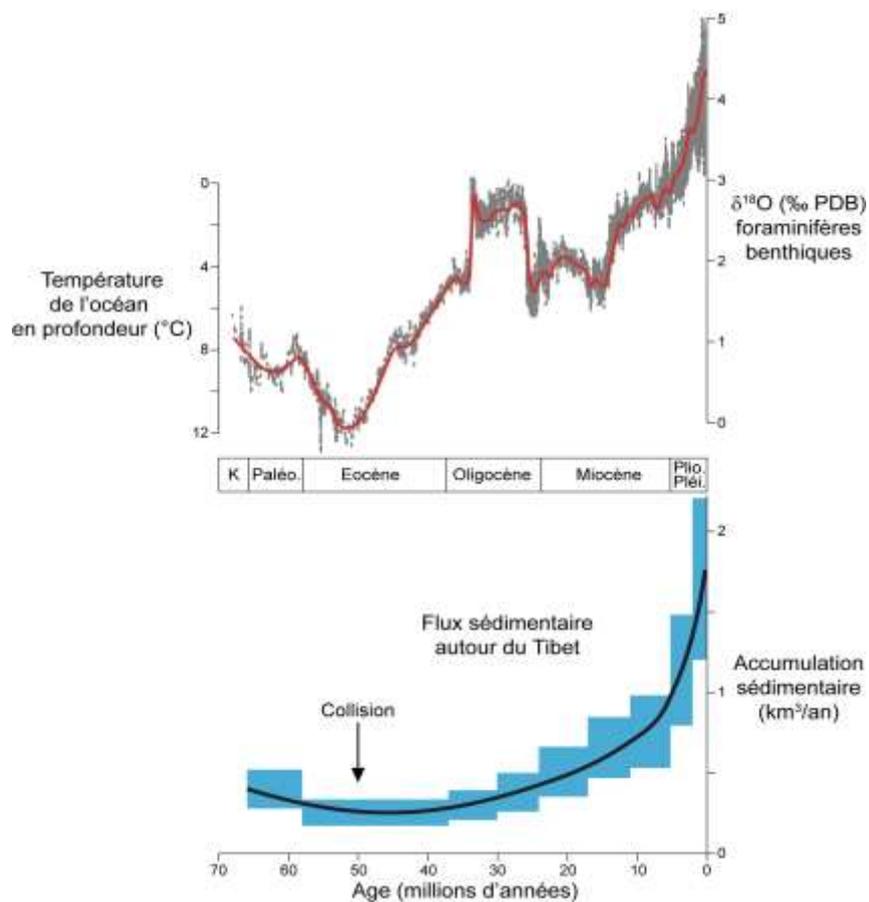


Fig. 7 – Evolution des paléotempératures de l'océan profond au cours du Cénozoïque en regard du taux d'accumulation sédimentaire autour du Tibet (en km³/an). La paléotempérature des eaux de fond déduite du $\delta^{18}\text{O}$ est donnée pour une Terre sans calotte glaciaire.

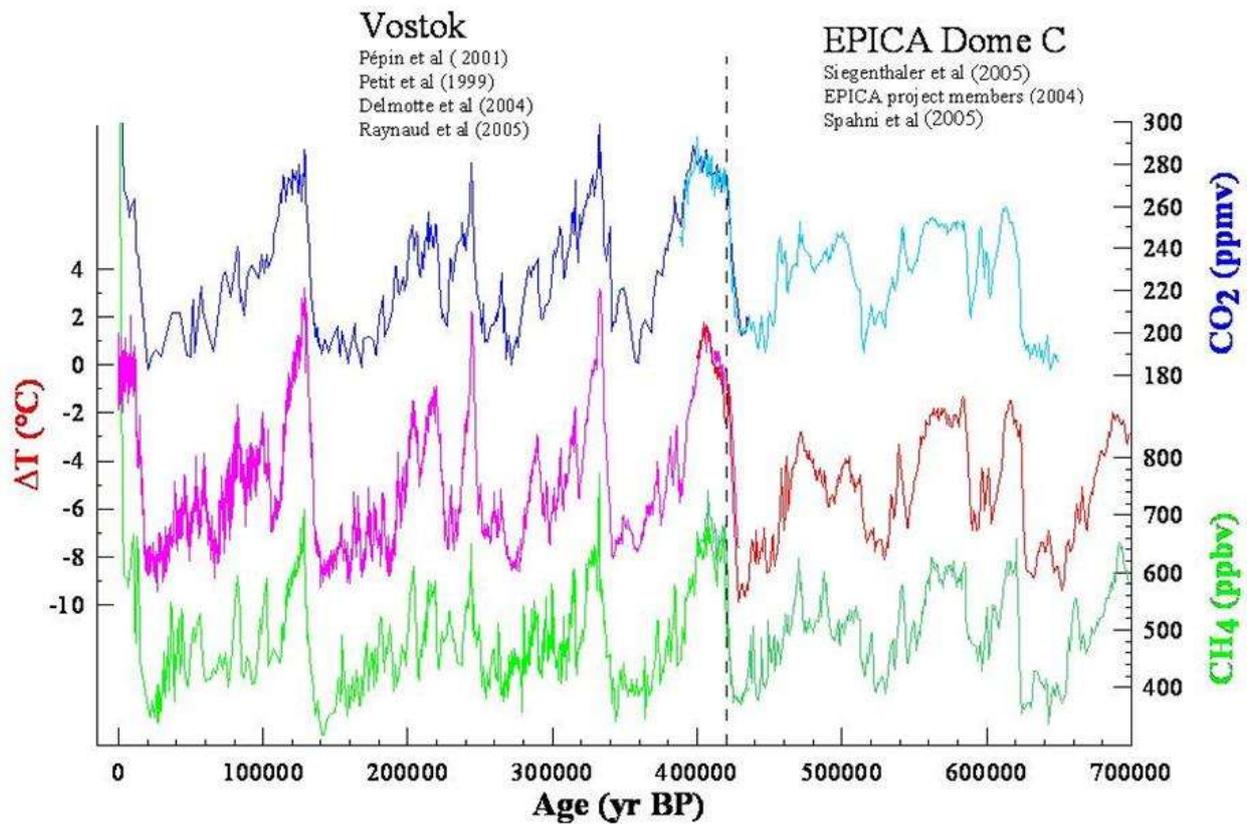


Fig. 8 – Fluctuations des teneurs en CH₄ (en ppbv = parties par milliard en volume) et CO₂ (en ppmv = partie par million en volume) dans les bulles de gaz piégées dans les glaces de la calotte antarctique (sites de Vostok et du dôme C) depuis 650.000 ans. La courbe des variations de température (ΔT, en °C) est construite à partir de mesures du δ¹⁸O de la glace. La température moyenne annuelle à Vostok est actuellement d'environ -55°C. (Jouzel, 2006).

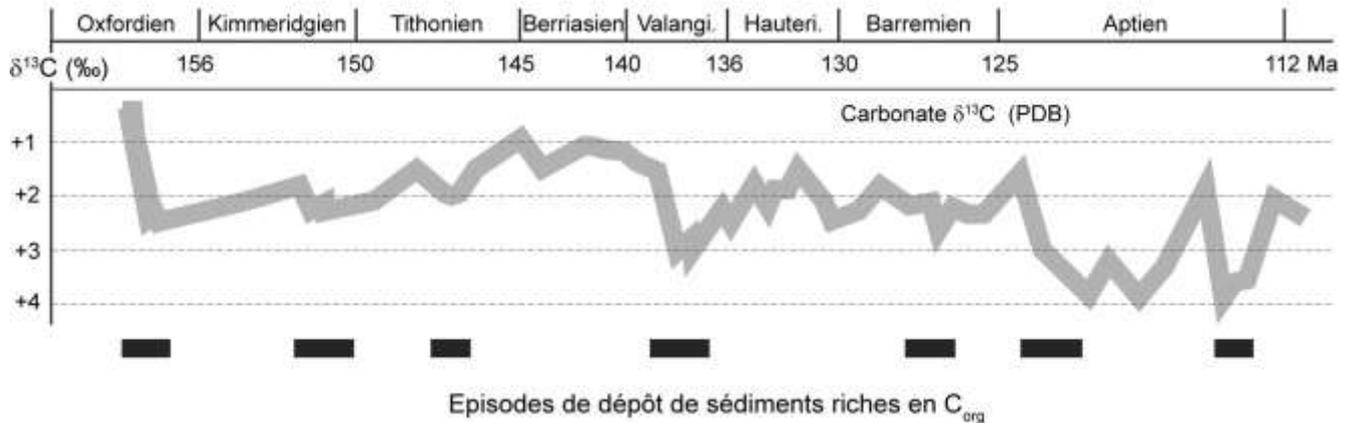


Fig. 9 – Courbe composite de l'évolution du δ¹³C des carbonates des séries jurassiques supérieures et crétaées inférieures dans les Alpes méridionales et périodes majeures d'accumulation de matière organique (Weissert & Mohr, 1996). Standard : PDB

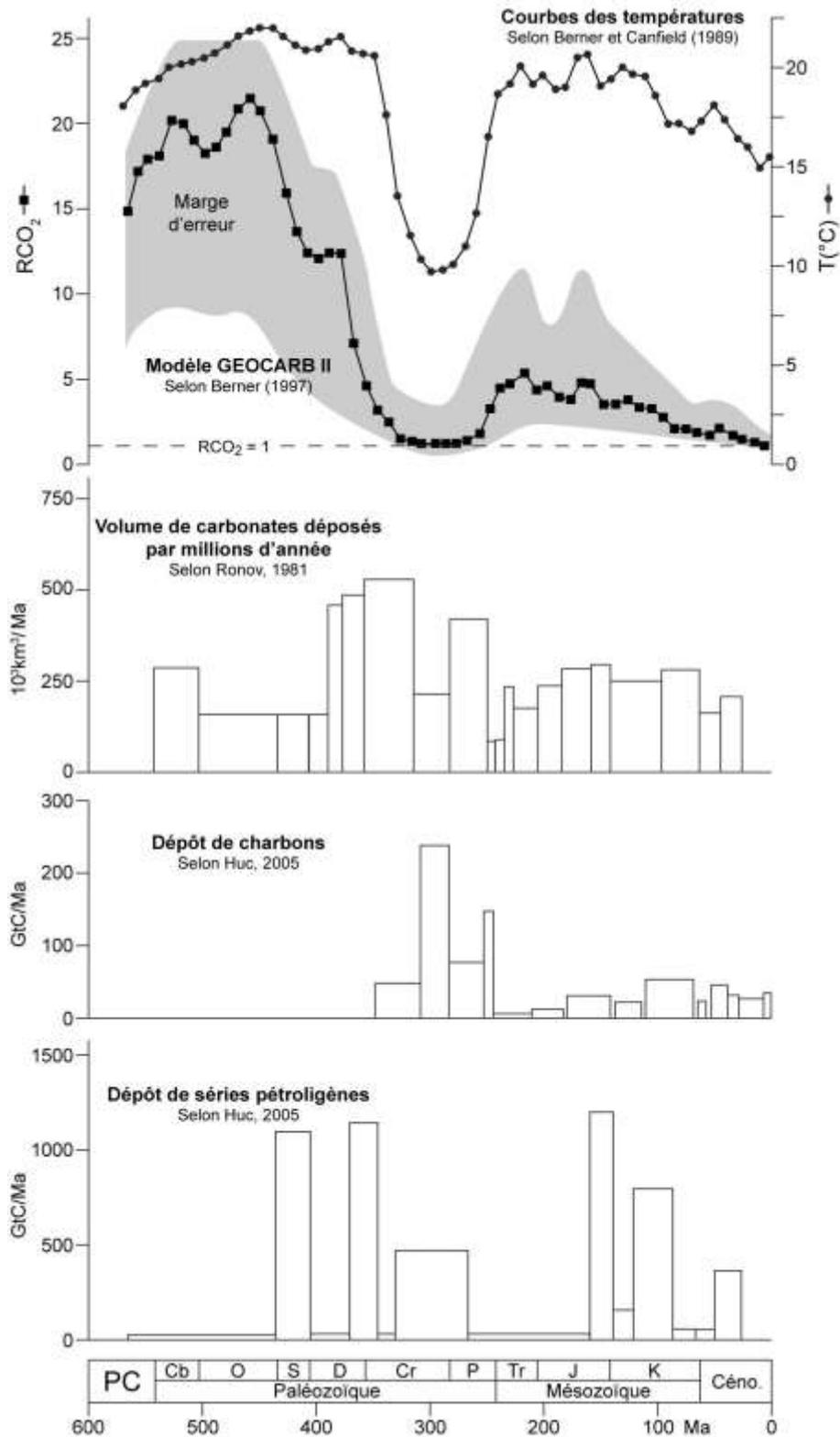


Fig. 10 – Modélisation de l'évolution de la concentration relative atmosphérique en CO_2 à l'échelle du Phanérozoïque et évolution des températures moyennes exprimées en $^\circ\text{C}$. RCO_2 est le rapport à la $p\text{CO}_2$ avant l'ère industrielle.

Estimations des volumes de roches carbonatées produits depuis le Cambrien (d'après les données de Ronov)
 Evolution au cours du Phanérozoïque des dépôts de charbons et de roches-mères pétroligènes exprimés en $\text{Gt C}\cdot\text{Ma}^{-1}$ (d'après Huc et al., 2005).