

## Examen Licence Vie et Terre, jeudi 10 mai 2007.

### Dynamique des reliefs.

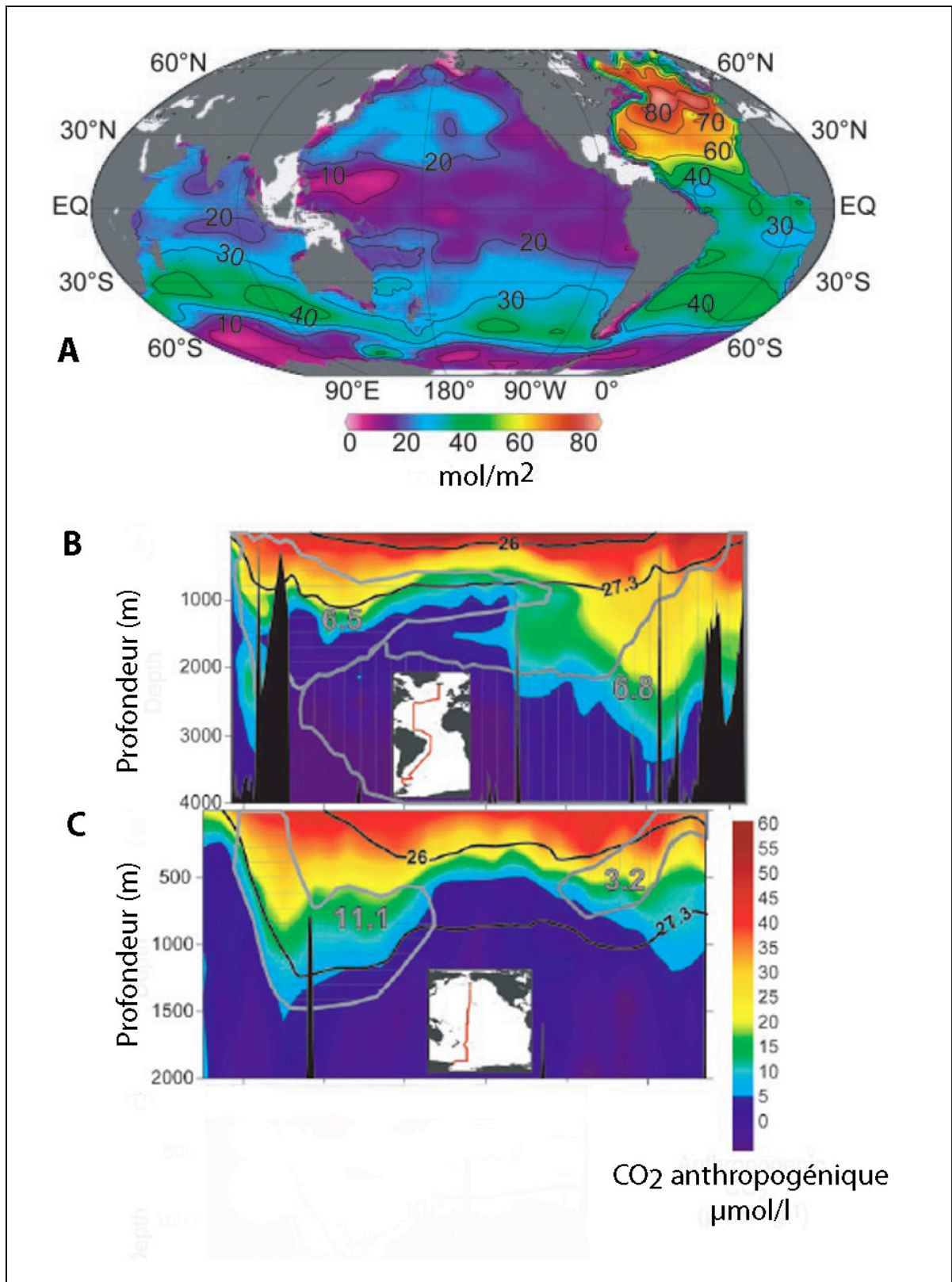
#### Partie 1 : cycle du carbone anthropique.

Les activités humaines ont injecté dans l'atmosphère une quantité totale de carbone de l'ordre de  $350 \cdot 10^{15}$  gramme de carbone (gC) par la combustion des hydrocarbures fossiles, la fabrication des ciments et la déforestation.

1. Pourquoi l'injection de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère est-elle un problème ?
2. Compte tenu de la masse de l'atmosphère ( $3,86 \cdot 10^9 \text{ km}^3$ ), de la masse molaire du carbone (12 g/mol) et du volume molaire du  $\text{CO}_2$  ou de l'air (22,4 litres/mol), calculer la teneur en  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère en ppmV (partie par million, i.e.  $10^{-6}$  en volume) au cas où tout ce  $\text{CO}_2$  s'y accumulerait. La teneur en  $\text{CO}_2$  pré-industrielle est de 280 ppmV. Qu'en concluez vous sachant que les mesures de  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère indiquent aujourd'hui 370 ppmV ?
3. De grands programmes océanographiques internationaux ont récemment mesuré la quantité de carbone anthropique piégée dans l'océan depuis le début de l'air industrielle. On utilise pour cela le carbone 14 fabriqué dans les années 1960-1970 par les essais nucléaires aériens. La carte donnée en annexe donne l'inventaire de carbone anthropogénique (en mol sur une colonne de  $1 \text{ m}^2$  d'océan en A et en concentration sinon) et montre comment ce carbone se répartit en fonction de la profondeur le long de deux sections Nord-Sud. Les parties noires indiquent les fonds océaniques.
  - a. Donnez rapidement le principe du traçage isotopique
  - b. Commentez les figures 4A, B et C. Expliquez pourquoi l'océan s'est-il comporté depuis le début de l'air industrielle comme une pompe à  $\text{CO}_2$  ?
  - c. Pourquoi l'océan n'est-il pas entièrement contaminé par du carbone anthropique ?
  - d. Avez-vous une idée de la ou des forme(s) chimique(s) sous laquelle ce carbone est dans l'océan ?
4. La concentration de carbone anthropique dans l'océan est en moyenne de  $7,2 \mu\text{mol/l}$ . Sachant que le volume de l'océan est  $1,5 \cdot 10^{21}$  litres, quelle est la quantité totale de carbone que l'océan a piégé depuis le début des activités industrielles ?
5. La coquille des organismes marins qui fabriquent du calcaire subit une dissolution lorsqu'ils meurent. On estime que 45 % à 65 % des tests calcaires sont redissous dans leur chute vers le fond. Comment expliquez vous ceci ? Des observations très récentes montrent que les organismes marins qui sécrètent le carbonate de calcium dans l'océan comme les Ptéropodes sont très sensibles au pH de l'eau de mer et à l'augmentation de la teneur en  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère. Ils montrent une croissance réduite et des signes de dissolution précoce lors que le pH baisse très légèrement et que la teneur en  $\text{CO}_2$  augmente. Quelle pourrait être la conséquence de cette observation à l'échelle globale si elle devait s'appliquer à l'ensemble des organismes sécréteurs de calcaire ?
6. Compte tenu des résultats que vous avez trouvés plus haut, faites un bilan du carbone anthropogénique libéré par les activités humaines (combustion de matières fossiles et fabrication des ciments, déforestation), entre la quantité émise, la quantité qui s'est accumulée dans l'atmosphère et la quantité séquestrée par l'océan. Conclusion ? Où peut être le carbone manquant
7. On a proposé de remplacer la combustion des charbons et pétroles par la combustion de biomasse. En quoi cette solution permettrait-elle d'apporter une solution au problème constitue l'augmentation de la teneur en  $\text{CO}_2$  de l'atmosphère de la Terre ? Cette solution présente elle aussi des inconvénients, lesquels ?

**Figure annexe**

Invasion du carbone anthropogénique dans l'océan. A : quantité moyenne de carbone intégrée sur une verticale. B et C : concentrations de carbone anthropogénique le long de deux sections (atlantique B, pacifique C) représentatives.



## 2. Taux d'érosion des continents

A partir du tableau donné en annexe sur les grands fleuves (MD : matière dissoute, MES : matière solide en suspension):

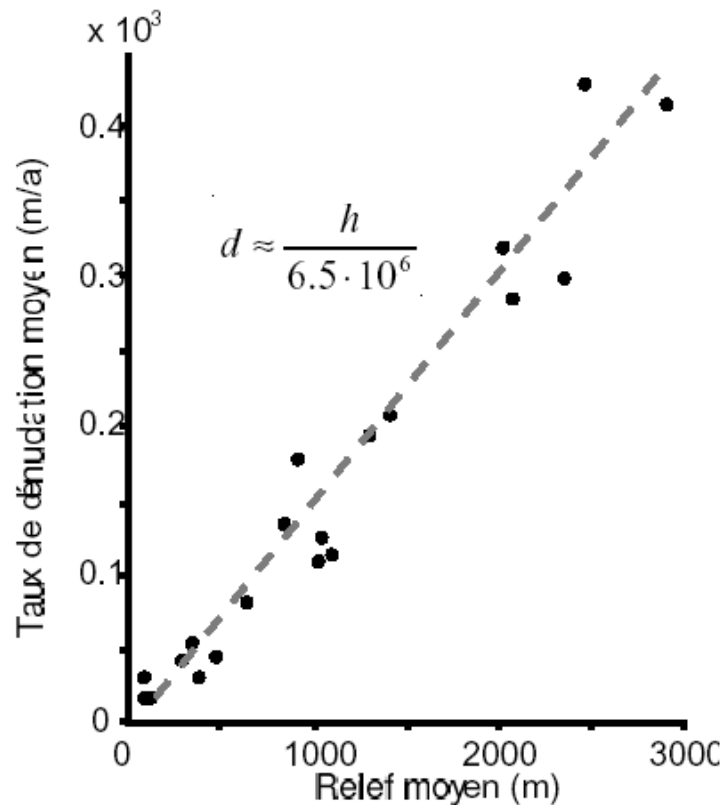
1. Estimer les taux de dénudation des bassins versants du Congo-Zaire, du Mississipi et du Danube.
2. En supposant que ces bassins versants sont à l'équilibre érosion/surrection, estimer leur vitesse de soulèvement.

## 3. Altitude d'équilibre Tectonique / Erosion

Le graphique ci-dessous représente le taux de dénudation  $D$  de quelques bassins versants (en m/an) en fonction de leur relief moyen  $H$  (en m). L'étude de ce graphique montre que la relation entre ces deux quantités est de la forme:

$$D = \frac{H}{\tau}$$

où  $\tau$  est une constante qui vaut  $6.5 \cdot 10^6$  dans un système d'unités que vous préciserez dans la question 2.



1. Quelle relation différentielle exprimant l'évolution de l'altitude moyenne d'un relief peut-on déduire de cette relation?

2. Quelle sont les dimensions de la constante  $\tau$  en unités l'exprime t'on?

3. On suppose qu'un relief initialement au niveau de la mer est soumis à une surrection tectonique de vitesse verticale  $U$  constante. L'équation gouvernant l'évolution du relief s'écrit alors:

$$\frac{dH}{dT} = U - \frac{H}{\tau}$$

Après un régime transitoire au cours duquel l'altitude moyenne du relief augmente, on finit par atteindre un régime stationnaire: la hauteur du relief atteint une valeur d'équilibre  $H_{eq}$ . Calculer  $H_{eq}$  dans la cas d'un soulèvement tectonique  $U=0.5\text{mm/an}$ .

4. En supposant qu'on est à l'équilibre isostatique, estimer la profondeur de la racine associée à un tel relief. On rappelle que la densité de la croute est  $2700\text{Kg/m}^3$  et celle du manteau supérieur est  $3200\text{Kg/m}^3$ .

**Tableau1. Composition des plus grands fleuves, matières dissoutes et solides qui sont apportées aux océans.**

bassin	surface 10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup>	débit km <sup>3</sup> /an	Runoff mm/an	MD mg/l	MES mg/l	Na	K	Ca µmol/l	Mg	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	COD mg/l	COP mg/l	T °C
Amazone	6,112	6590	1078	44	186	80	21	135	37	61	47	344	115	4,46	2,83	25
Congo-Zaire	3,698	1200	324	35	32	96	43	56	59	37	15	258	157	7,25	2	24
Orénoque	1,1	1135	1032	25	132	64	17	65	27	25	24	164	105	4,39	1,45	26,1
Changjiang	1,808	928	513	221	550	222	36	973	292	151	164	2311	108	12,4	13,4	14,4
Jenisseï	2,59	620	239	112	23	226	26	413	152	271	104	939	138			-4,5
Mississippi	2,98	580	195	216	362	478	72	850	366	294	266	1902	127	8,79	2,14	10,3
Parana	2,783	568	204	86	151	231	94	173	86	185	21	690	285	8,68	1,69	21,5
Lena	2,49	525	211	112	23	196	18	428	210	343	142	870	97			-8,6
Brahmapoutre	0,58	510	879	101	857	91	100	350	156	31	104	951	130	3,87	9,13	20,3
Ganges	1,05	493	470	182	1130	417	67	580	267	143	83	1951	128			
Irrawady	0,41	486	1185	201	607	1304	51	250	247	514	52	1967	167			22,4
Mékong	0,795	467	587	263	294	663	48	1001	367	448	343	2305	167			22,5
Ob	2,99	404	135	126	38	230	26	465	210	186	89	1279	43	9,09	0,88	-0,6
Tocantins	0,757	372	491	42	202	82	35	54	75	35	27	316	193			
Xijiang	0,437	363	831	161	218	117	31	810	198	91	85	1639	142			19,8
Amour	1,855	344	185	55	146	126	26	223	95	66	65	477	36			-1,6
Saint Laurent	1,02	337	330	168	12	239	35	750	247	214	146	1656	40	3,75	0,75	4,4
MacKenzie	1,787	308	172	209	126	330	26	890	337	226	369	1803	50	4,93	5,03	-4,2
Magdalena	0,235	237	1009	118	928	361	49	375	136	383	150	808	210			23,7
Columbia	0,669	236	353	115	40	217	28	450	206	86	115	1033	150	2,12	0,26	7
Salouen	0,325	211	649	306		435	26	1150	658	571	10	3475				
Danube	0,817	207	253	428	313	739	51	1473	1117	1509	660	3328	69			9,1
Yukon	0,849	200	236	183	286	113	31	795	295	31	233	1787	128	4,14	1,33	-4,9
Niger	1,2	154,1	128	59	238	78	28	138	78	26	5	549	233	3,71	2,59	27,4
Uruguay	0,24	145	604	60	76	123	35	148	99	57	52	426	250			26,7
Fly	0,061	141	2311	116	816	101	11	533	72	3	28	1284	150			
Kolyma	0,66	132	200	74	44	122	46	270	99	80	147	570	67			-11
Pechora	0,324	131	404	70	48	130	26	260	115	117	83	638	27			
Hong He	0,12	123	1025	147	1057	483	38	388	333	237	119	1328	167			21

MD : matières dissoutes ; MES : matières en suspension ; COD : carbone organique dissouts ; COP : carbone organique particulaire ; T : température moyenne de l'air.

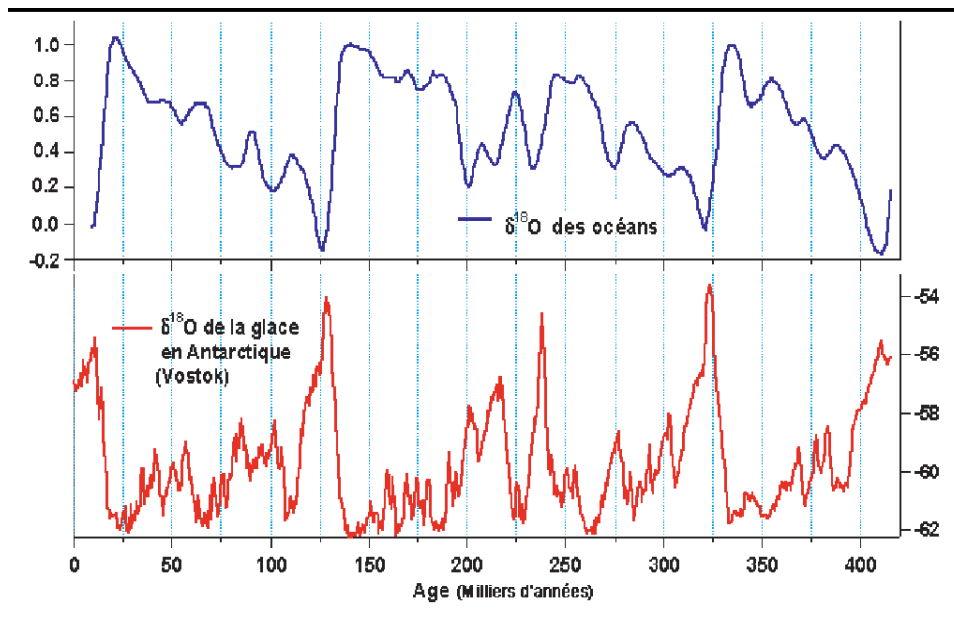
**Session de rattrapage, mercredi 20 juin 2007. Module de géodynamique externe, L3 Vie et Terre.**

1. Cours

Qu'est ce que la circulation thermo-haline et quelle est son origine ?

2. Les isotopes de l'oxygène dans les glaces polaires et des sédiments océaniques renseignent sur l'évolution de la température à la surface de la Terre. Voici les deux courbes de l'enregistrement de la teneur en oxygène 18 dans les océans (déduit des sédiments océaniques) et dans les glaces sur les derniers 400 mille ans.

*Evolution du taux d'oxygène 18 dans les eaux et les glaces*



- Comparer l'allure des deux courbes. Deux observations ressortent nettement, lesquelles ?
- Quelle est la cause des variations cycliques des abondances de l'oxygène 18 dans ces deux enregistrements ?
- En utilisant les valeurs isotopiques des courbes ci-dessus, en déduire la quantité de glace continentale présente lors de la dernière période froide de la Terre.

On donne les valeurs suivantes :

Masse de l'océan :  $1,14 \cdot 10^{21}$  kg

Volume des glaces continentales antarctiques et arctiques : 30 millions de  $\text{km}^3$ .

Masse volumique de la glace : 0,9 kg/l

On rappelle qu'un bilan de masse isotopique lorsque deux réservoirs 1 et 2 de masse  $M_1$  et  $M_2$  et de composition isotopique  $\delta_1$  et  $\delta_2$  respectivement s'écrit :

$$(M_1 + M_2) \cdot \delta_{\text{mel}} = M_1 \cdot \delta_1 + M_2 \cdot \delta_2$$

ou  $\delta_{\text{mel}}$  désigne la composition isotopique du mélange.

- Enfin, calculer la variation relative du niveau marin entre le dernier minimum glaciaire et maintenant. De quoi de calcul ne tient-il pas compte ? On allait de pied ferme de Paris à Londres au dernier minimum glaciaire, est ce compatible avec votre calcul ?