

**SESSION 2011**

---

**AGRÉGATION  
CONCOURS INTERNE  
ET CAER**

**Section :  
SCIENCES DE LA VIE - SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

**COMPOSITION À PARTIR D'UN DOSSIER**

Durée : 5 heures

---

*L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout matériel électronique (y compris la calculatrice) 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 plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.*

**N.B. :** *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.*

**Tournez la page S.V.P.**

L'éducation au développement durable (EDD) occupe une place croissante dans la formation des élèves. Elle s'appuie sur les enseignements et apparaît explicitement dans les programmes de plusieurs disciplines dont les sciences de la vie et de la Terre (SVT). Ce sujet explore quelques possibilités d'interroger la science à partir de problématiques relevant de l'EDD afin de traiter de questions contemporaines de société. Il amène également à développer la portée éducative de l'enseignement des SVT.

### **Question 1**

Une étude de cas sur les risques sismiques constitue un point de départ possible pour motiver les élèves à l'étude des séismes en classe de Quatrième. L'exemple proposé permet d'établir l'essentiel des notions du programme sur les séismes tout en sensibilisant les élèves à la gestion des risques sismiques.

- À partir d'une exploitation détaillée des documents 2 à 7 du dossier, relevez et présentez de façon organisée les contenus scientifiques relatifs aux séismes que l'on peut extraire de l'étude du séisme d'Argelès-Gazost survenu le 17 novembre 2006.

- Proposez un cheminement centré sur la dimension éducative de l'étude des séismes et s'appuyant sur des documents du dossier nécessaires pour traiter cette partie du programme de 4<sup>ème</sup>, en les adaptant si besoin. Présentez cette progression en l'associant aux supports donnés aux élèves, aux activités proposées, aux contenus et capacités à construire. Indiquez également les attitudes que cette démarche permet de développer dans l'optique de l'acquisition des compétences du socle.

### **Question 2**

Le programme de Seconde permet aux élèves de construire les connaissances scientifiques nécessaires pour participer de façon éclairée au débat sur le changement climatique et comprendre la nécessité de modifier nos habitudes de consommateurs d'énergie.

- À partir des documents du dossier, éventuellement modifiés, proposez des activités pratiques réalisables en classe pour appréhender les concepts de réservoirs et de transferts de carbone. Tracez le cycle du carbone que les élèves pourront élaborer. Indiquez quelles capacités expérimentales ces activités permettent de construire.
- En vous appuyant sur le document 11, indiquez les dispositifs et modalités pédagogiques, incluant entre autres la dimension pluridisciplinaire, et les types d'actions qui peuvent être mis en œuvre pour promouvoir un débat sur le changement climatique.

### **Question 3 :**

Elaborez un exercice d'évaluation en Seconde conduisant les élèves, dans une perspective d'éducation au développement durable, à argumenter sur l'intérêt de la culture des microalgues comme alternative à l'utilisation des énergies fossiles. Vous l'envisagerez comme une préparation au second exercice de la question 2 de l'écrit du bac S qui teste la capacité à résoudre un problème scientifique à partir de l'exploitation de deux ou trois documents, en relation avec les connaissances du candidat.

- Rédigez la question posée.
- Indiquez les documents choisis parmi les extraits des articles scientifiques proposés (doc. 12 à 14) et la façon dont vous les modifieriez.
- Précisez les critères d'évaluation utilisés.

## Document 1 : le vocabulaire du risque

### **Terminologie publiée par la Stratégie Internationale de la Prévention des Risques Naturels (mai 2009)**

**Aléa** : Un phénomène dangereux, une substance, activité humaine ou condition pouvant causer des pertes de vies humaines, des blessures ou d'autres effets sur la santé, des dommages aux biens, des pertes de moyens de subsistance et des services, des perturbations socio-économiques, ou des dommages à l'environnement.

**Enjeux** : Personnes, biens, systèmes, ou autres éléments présents dans les zones de risque et qui sont ainsi soumis à des pertes potentielles.

**Risque** : La combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences négatives.

**Vulnérabilité** : Les caractéristiques et les circonstances d'une communauté ou d'un système qui le rendent susceptible de subir les effets d'un danger.

UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction – (<http://www.unisdr.org/eng/terminology/terminology-2009-eng.html>)

### **Le risque sismique : définitions et exemples**

Le **risque sismique** est la combinaison entre l'**aléa sismique** en un point donné et la **vulnérabilité des enjeux** qui s'y trouvent exposés (personnes, bâtiments, infrastructures...). L'importance des dommages subis dépend ainsi très fortement de la vulnérabilité des enjeux à cet aléa. Par exemple, en 2003, le séisme de Bam (Iran) de magnitude 6,6 a causé la mort de plus de 30 000 personnes alors que le séisme de Kobé de 1995, pourtant plus puissant (magnitude 6,9), a fait 6 300 victimes environ : la magnitude des deux séismes étant similaire, c'est surtout la différence de vulnérabilité entre les constructions des deux villes densément peuplées qui permet d'expliquer l'écart au niveau des victimes.

S'il est impossible d'agir pour limiter l'ampleur ou l'occurrence des séismes, il est par contre possible d'augmenter la résistance des enjeux exposés : c'est l'objectif de la réglementation parasismique.

D'après *Le Plan Séisme (2005-2010)* : <http://www.planseisme.fr>

## Document 2 : témoignages sur le séisme du 17 novembre 2006

**Document 2a** : extrait de l'article publié par LA DÉPÊCHE DU MIDI le 18/11/2006

### **Séisme. Les Pyrénées ont été secouées**

**Pyrénées. Hier soir, un séisme dont l'épicentre se situe près de Lourdes a secoué le massif sans causer de dégâts. C'est un des plus importants de la décennie.**

Il était 19 h 19\* très précisément. « Les verres se sont mis à trembler. Il y a eu le bruit et pendant trois ou quatre secondes, tout a été secoué. L'électricité a été coupée pendant cinq bonnes minutes. Cette fois, ça a tapé vraiment fort. C'est étrange », raconte Jacques Mols au café le Pam-pam à Argelès-Gazost (Hautes-Pyrénées). Dans la sous-préfecture du département et les villages alentour, beaucoup de gens sont sortis de leurs maisons, étonnés, parfois inquiets, mais toujours de manière précipitée et sans paniquer : « Nous étions juste derrière la porte. Comme un réflexe de précaution, j'ai pris les gamins et on a filé loin des habitations. »

« C'est toujours impressionnant », dit cet habitant d'Aucun qui a cru qu'un « boulet de canon perçait les murs ».

Les Pyrénéens y sont certes habitués, mais la secousse qui s'est produite hier soir a fortement marqué la population, même si elle n'a pas provoqué de gros dommages (quelques dégâts matériels à Lourdes).

(\* 19h19 = TU + 1h)

(<http://www.ladepechedumidi.fr>)

### **Document 2b : effet sur les personnes**

#### **Effets sur les personnes**

Dans de nombreuses communes (24), la panique a gagné les habitants qui sont fréquemment sortis dans les rues. 51 communes signalent une frayeur des habitants, tandis que pour 268 autres communes, l'inquiétude domine face à de tremblement de terre et la série de répliques qui a suivi.

Quelques exemples de témoignage :

À Lourdes : « J'ai cru que la cuisine était en train d'exploser et que le bâtiment était en train de s'effondrer. Je me suis donc précipitée en bas pour voir les résidents. C'était plus qu'une grosse frayeur pour moi et mes collègues de travail... »

« J'ai d'abord cru sur l'appartement situé au dessus explosait, j'ai eu très peur que le plafond s'effondre et j'ai réalisé que c'était un tremblement de terre, les murs se balançaient... »

Plusieurs témoignages rapportent que les enfants ont semblé très affectés par ce séisme et ses répliques, certains d'entre eux ne souhaitant plus rentrer dans leur maison, ou rester seul :

- Ossun : « ma fille hurlait de peur » ;
- Campan : « mon fils de 5 ans s'est mis à l'abri sous une table » ;
- Argelès-Gazost : « ma fille ne veut pas faire un pas sans que je sois auprès d'elle, elle a 14 ans ! Elle est paniquée à l'idée de reprendre le collège ce lundi »

(D'après Bureau central sismologique français –BCSF- note préliminaire du séisme d'Argelès-Gazost le 17 novembre 2006)

## Document 2c : les dégâts

<p><b>Lourdes</b> (distance épacentrale 9 km)</p> <p>Pour de nombreuses personnes de cette commune de 15679 habitants, le choc a été assez violent, très similaire à une explosion et suivi de 4 répliques consécutives bien ressenties par la population. Une coupure d'électricité sur la ville a augmenté les réactions de frayeur des habitants. De nombreux objets ont chuté. Une grande partie de la population est descendue dans la rue pour partager son émotion et tenter de se protéger contre les répliques éventuelles.</p> <p>90 bâtiments ont été déclarés endommagés auprès de la mairie. Des chutes de plâtre dans l'église paroissiale de Lourdes ont été observées (maçonnerie, brique, pisée). Deux chapeaux de cheminée (en granit) sont tombés, occasionnant des dégâts sur la toiture avenue Duviau. Rue Lacade, une cheminée a subi des dommages extérieurs, le tiers supérieur de la seconde cheminée s'est effondré. Quelques chapeaux de cheminées ont été endommagés. Dans de nombreuses maisons on a constaté des fissures légères (niveau 1) ou plus importantes (niveau 2) endommageant dalles, murs, plafonds, encadrements de fenêtres, carrelages et tapisseries. L'oscillation des bâtiments a produits quelques dysfonctionnements d'ouverture de portes, de fonctionnement de volets roulants.</p>	 <p>Chapeaux de cheminées fragilisés à Arroyou-Lahitte (8,5 km de l'épicentre) - photos DDE65</p>
<p><b>Juncalas</b> (distance épacentrale 4 km)</p> <p>Dans ce village de 200 habitants, cette secousse annoncée par un grondement fort allant en s'amplifiant a paniqué les personnes, les précipitant dans la rue. La forte secousse a fait chuter quelques objets, les brisant parfois. 20% des bâtiments (principalement de type A) ont été affectés par des dégâts de niveau 1 et 2 et ont touché très souvent de manière généralisée les bâtiments. 95% du village est construit de manière traditionnelle (moellons, pierres sèches).</p> <p><b>Vier-Bordes</b> (distance épacentrale 5 km)</p> <p>La forte secousse n'a produit que de rares effets sur les constructions de cette commune d'une centaine d'habitants. Quelques fissures fines ont été observées sur l'église et dans quelques appartements de la commune. Les objets ont parfois chuté, les liquides ont oscillé, mais aucun déplacement de meuble même léger n'a été indiqué.</p>	
<p><b>Artalens-Souin</b> (distance épacentrale 6 km)</p> <p>La commune d'Artalens-Souin (114 habitants) a connu une forte secousse et les personnes ont gagné la rue très rapidement pour comprendre la nature du phénomène. Aucun administré n'a rapporté de dommage sur les habitations principalement construites en murs épais (type A en moellons et pierres sèches). Au vu de l'ensemble des effets relevés sur les personnes, les objets et les bâtiments, l'intensité V n'a pas été dépassée. Des objets ont bien chuté, mais les meubles, même légers n'ont pas été déplacés dans cette commune selon le maire du village interrogé par le BCSF. Seules les deux églises d'Artalens et de Souin ont connu quelques dommages, comme en atteste la photo ci-contre. L'extrême vulnérabilité de ces bâtiments ne conduit pas à augmenter la valeur de l'intensité sur cette commune.</p> <p><i>D'après le BCSF : note préliminaire du séisme d'Argelès Gazost le 17 novembre 2006</i></p>	

## Document 2d : intensité et magnitude des séismes

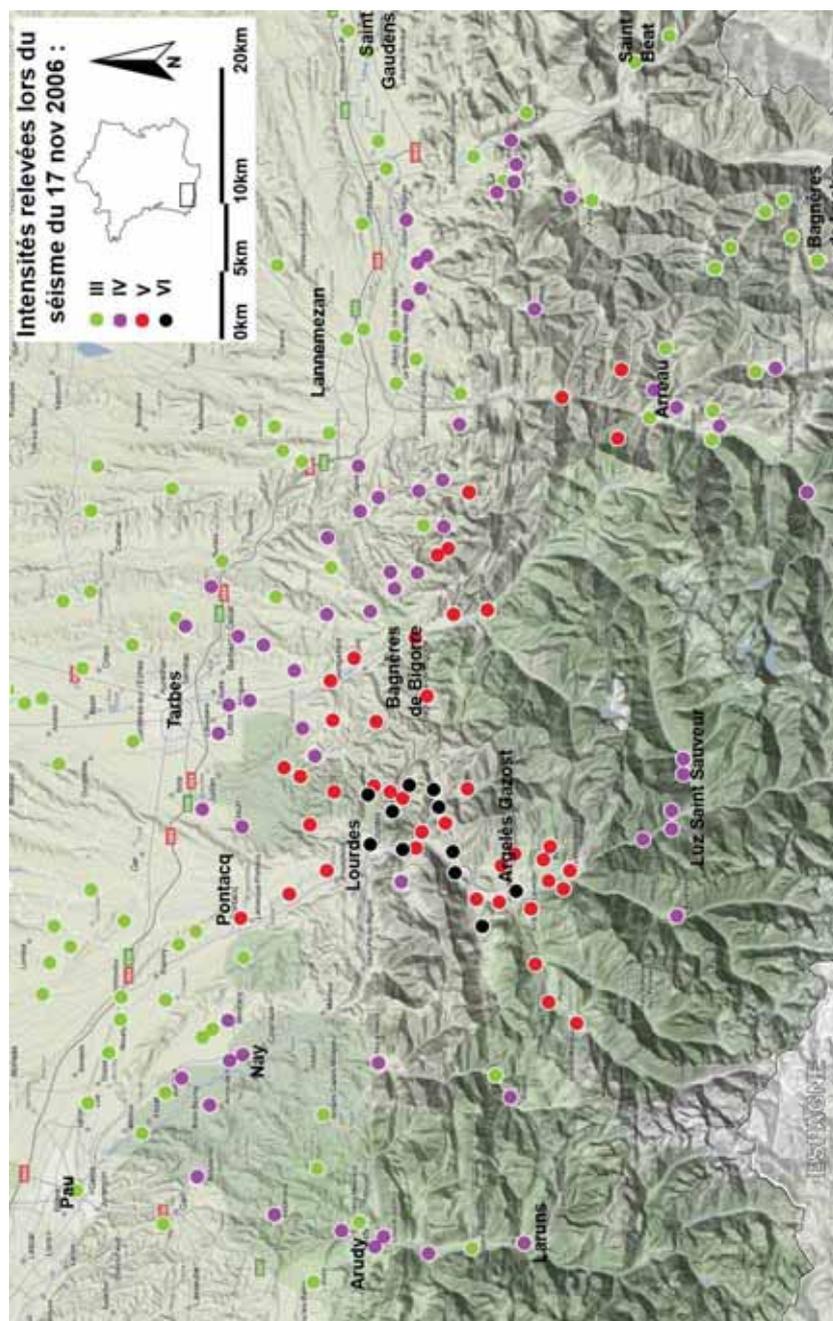
Intensité Échelle MSK	Effets de la secousse sismique	Magnitude Échelle de Richter
I	Seuls les sismographes très sensibles enregistrent les vibrations	1,5
II	Secousses à peine perceptibles, ressenties par quelques personnes au repos, en particulier dans les étages supérieurs des bâtiments.	2,5
III	Faible vibration ressentie par quelques personnes. Des personnes au repos ressentent un balancement ou un léger tremblement.	
IV	Séisme ressenti à l'intérieur par de nombreuses personnes et par un petit nombre au dehors. Quelques personnes sont réveillées. Les fenêtres les portes et la vaisselle bougent. Les objets suspendus oscillent.	3,5
V	Séisme ressenti à l'intérieur par la plupart des personnes et par un petit nombre dehors. Les dormeurs se réveillent. Quelques personnes sortent en courant. Les objets suspendus oscillent fortement. La vaisselle, les verres tintent. La vibration est forte. Quelques meubles sont déplacés, quelques objets lourds se renversent. Les portes et fenêtres s'ouvrent et se ferment.	4,5
VI	Resenties à l'intérieur et par beaucoup au dehors. De nombreuses personnes sont effrayées et courent vers les sorties. Les objets tombent ; de légers dégâts apparaissent dans les bâtiments ordinaires : fissures, chute partielle de cheminées.	
VII	La plupart des personnes sont effrayées. Les meubles sont déplacés et les objets tombent des étagères. Des lézardes apparaissent dans les édifices anciens. Des cheminées tombent.	5,5
VIII	Grande frayeur dans la population. De nombreux bâtiments ordinaires sont endommagés : chute de cheminées et de clochers, larges fissures dans les murs. Quelques bâtiments s'effondrent partiellement.	6
IX à X	Les maisons s'écroulent ; Les canalisations souterraines sont cassées ; Destruction des ponts et des digues. Les rails de chemin de fer sont tordus	7
XI	Panique générale. Dégâts important aux constructions en béton armé, ponts, barrages, etc. Grands éboulements	8
XII	Panique générale. Toute structure à l'air libre ou en sous-sol est fortement endommagée ou détruite.	8,8

*Adapté du résumé utilisé par le British Geological Survey – d'après Grünthal, 1998 « European Macroseismic Scale 1998 »*

L'intensité d'un séisme est une mesure des dommages causés par un tremblement de terre. L'échelle d'intensité utilisée actuellement, mise au point en 1964 par Medvedev, Sponheuer et Karnik, (dite échelle MSK) a été réactualisée en 1998 (EMS98). La magnitude d'un tremblement de terre (établie initialement par Richter) mesure l'énergie libérée lors d'un séisme.

**Document 3 : zone affectée par le séisme du 17 novembre 2006**

**Document 3a :** carte des effets produits par le séisme d'Argelès-gazost le 17 novembre 2006



*D'après Google Map et le BCSF (note préliminaire du séisme d'Argelès-Gazost le 17 novembre 2006)*

**Document 3b :** principales villes concernées par le séisme du 17 novembre 2006

Nom de la ville	Nombre d'habitants	Remarques
Argelès-Gazost	3 254 (2006)	Sous préfecture des Hautes Pyrénées - Ville thermale
Arudy	2 246 (2006)	Chef lieu de canton
Bagnère de Bigorre	8 790 (2008)	Sous préfecture des Hautes Pyrénées
Cauterets	1 305 (1999)	Ville thermale et station de sports d'hiver
Lannemezan	6 446 (2008)	Chef lieu de canton
Lourdes	16 150 (2009)	2 <sup>ème</sup> ville hôtelière française (208 hôtels) Lourdes reçoit jusqu'à 5 millions de visiteurs par an.
Pau	83 905 (2006)	Préfecture des Pyrénées atlantiques
Tarbes	49 194 (2008)	Préfecture des Hautes Pyrénées

**Document 4 : enregistrements du séisme** (Source : <http://www.omp.obs-mip.fr/rssp/>)

**Document 4a :** temps d'arrivée des ondes P du séisme d'Argelès-Gazost le 17 novembre 2006 dans différentes stations du Réseau de Surveillance Sismique des Pyrénées (RSSP)

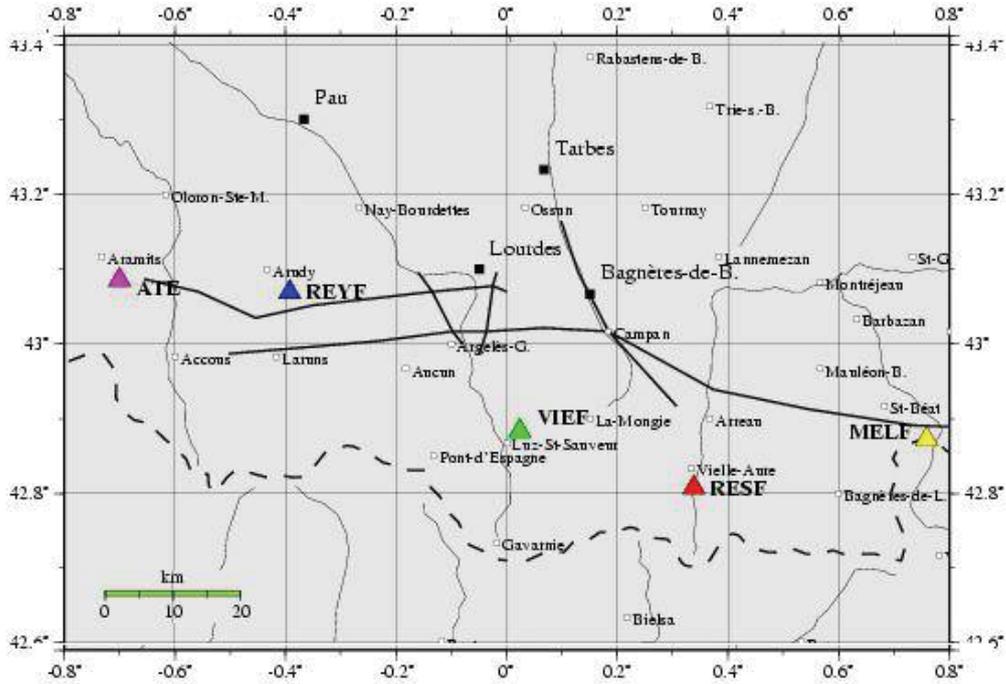
(Heure du séisme : 18h 19min 51.2s – TU)

(rappel :  $VP = 6 \text{ km.s}^{-1}$ )

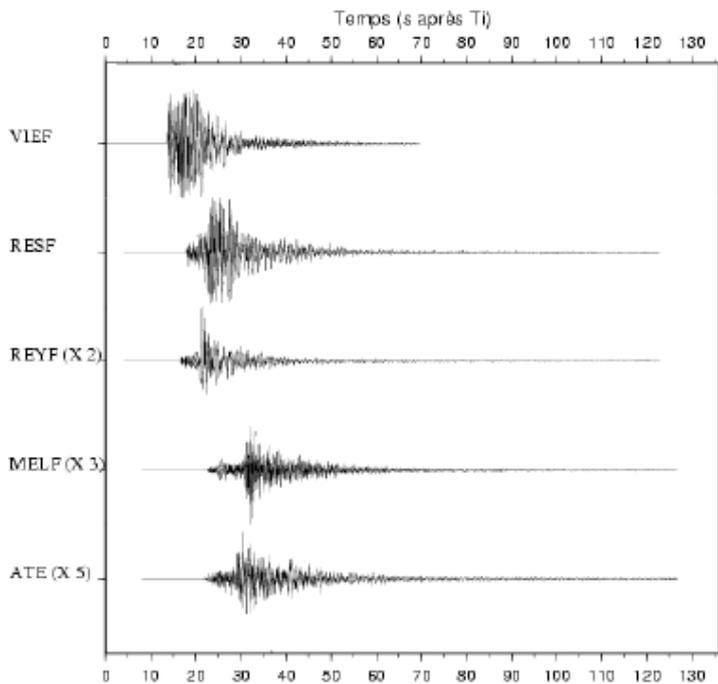
NOM	D(km)	T(h-min)	P(s)
VIEF	15	18-19	54.44
REYF	33	18-19	56.93
RESF	35	18-19	57.66
FDAF	51	18-20	0.27
ATE	58	18-20	0.90
MELF	63	18-20	1.70
ORDF	80	18-20	4.75

D = distance  
T = heure d'arrivée  
P(s) = arrivée des ondes P après le début du séisme exprimé en secondes

**Document 4b :** carte détaillée de quelques stations du RSSP



**Document 4c :** sismogrammes enregistrés lors du séisme du 17 novembre 2006 dans quelques stations du réseau de surveillance RSSP



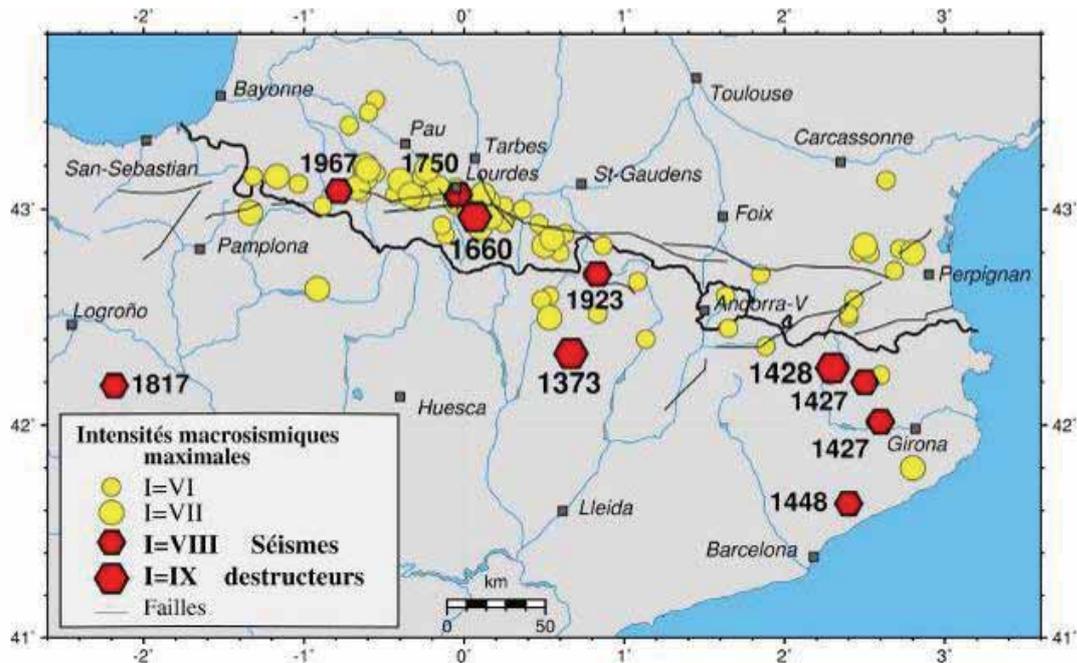
Ti = 18h19min 40.0s

Temps (s après Ti)

(REYF (X2) signifie que l'amplitude des vibrations est multipliée par 2).

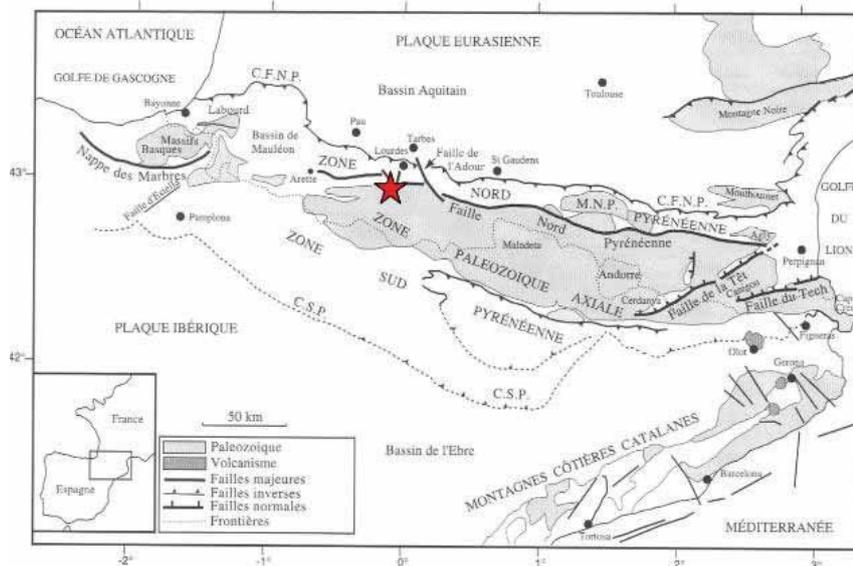
**Document 5 : l'aléa sismique dans les Pyrénées**

**Document 5a : sismicité historique des Pyrénées**



D'après A. Souriau, CNRS, Observatoire Midi Pyrénées  
Forum du 12 décembre 2006 « construire en zone de risque sismique »

**Document 5b : contexte sismotectonique.**



**Carte structurale des Pyrénées (Mattauer et Henry, 1974).**

(Étoile rouge : localisation de l'épicentre du séisme de Lourdes, le 17 novembre 2006.)

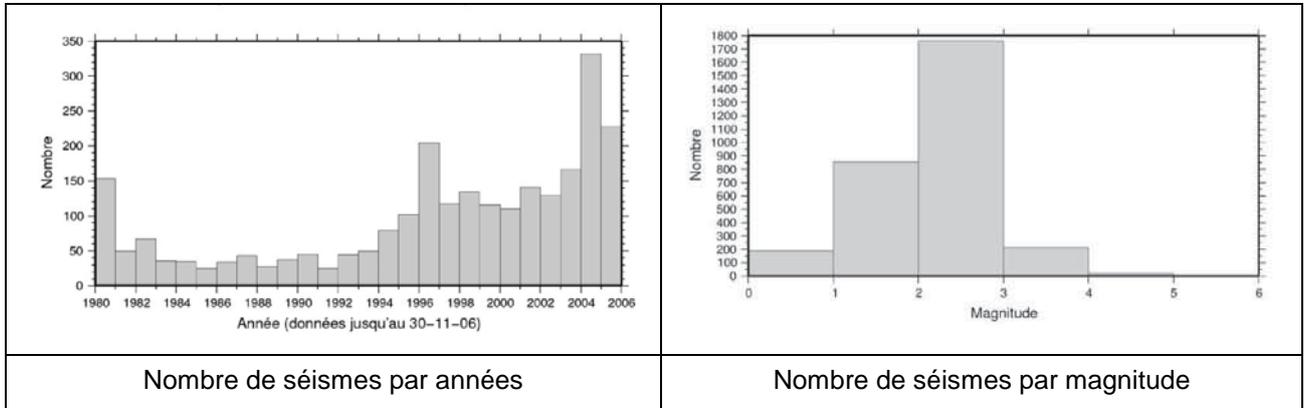
La chaîne des Pyrénées est le résultat de la collision entre la plaque Ibérie et la Plaque Eurasie qui a débuté il y a environ 65 Ma en réponse au mouvement vers le nord de l'Afrique. La croûte inférieure de l'Ibérie s'enfonce partiellement sous l'Eurasie (Souriau et Granet, 1995 ; Roure et Choukroune, 1998). La faille nord pyrénéenne (FNP), sub-verticale, est considérée comme la limite de plaque entre l'Eurasie et l'Ibérie. Elle est située à l'aplomb d'une brusque variation de l'épaisseur de la croûte terrestre qui passe, dans la partie centrale de la chaîne, de 30 km au nord à 55 km au sud. Elle a joué en faille transformante lors de l'ouverture du Golfe de Gascogne (Coukroune et Mattauer, 1978) et a été plus ou moins déformée par la collision continentale depuis 65 Ma (Mattauer, 1990 ; Roure et Choukroune, 1998).

Sismotectonique des Pyrénées (Souriau A. et al, 2001)

D'après le BCSF : note préliminaire du séisme d'Argelès Gazost le 17 novembre 2006

**Document 5c : Sismicité observée par le RéNaSS LDG de 1980 à 2006 en Midi Pyrénées**

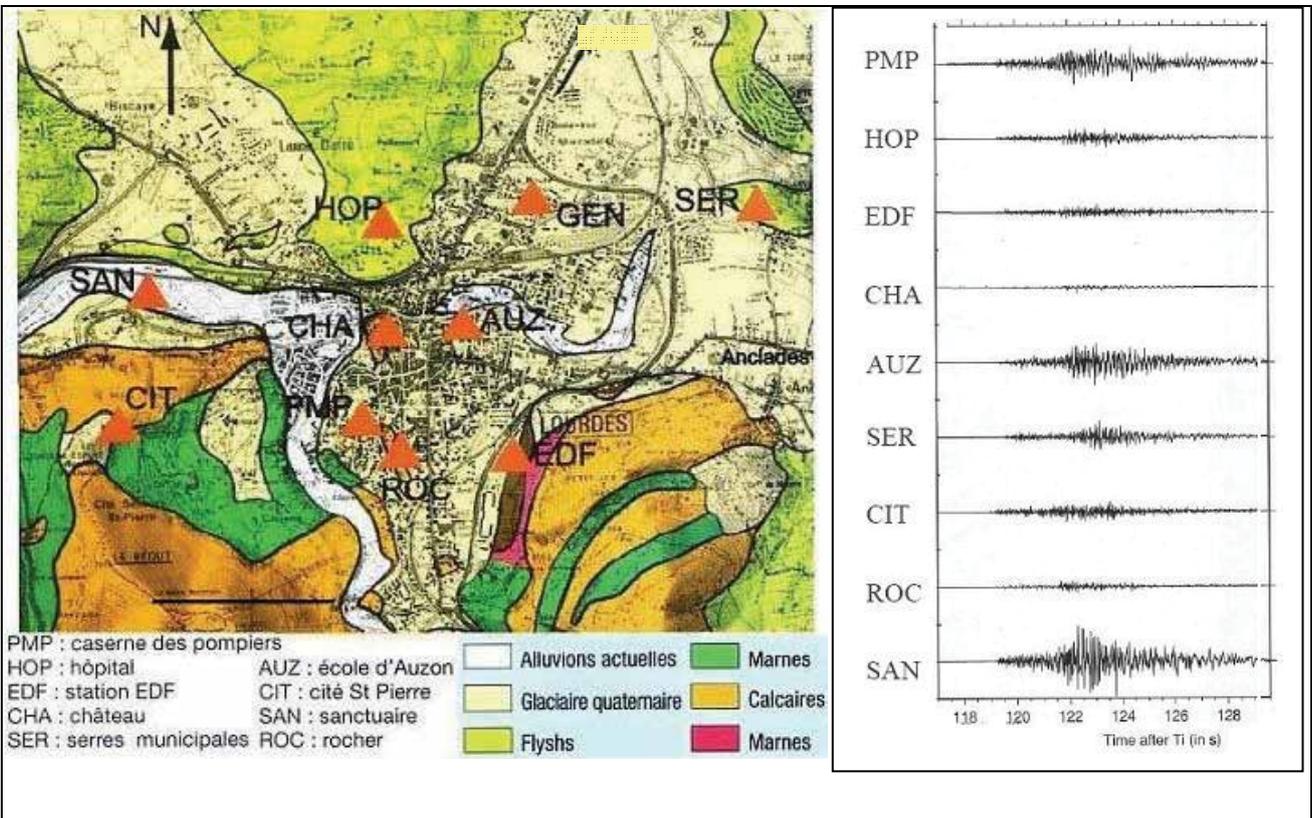
Le Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS) a pour mission et objectif d'observer la sismicité française (et mondiale). Il détermine et diffuse les paramètres sources des séismes du territoire métropolitain et des zones frontalières. Il centralise et archive les données sismologiques à des fins de recherche en Sciences de la Terre. Dans les Pyrénées, l'observatoire de Midi Pyrénées possède un réseau régional de 20 stations de surveillance des risques sismiques, le RSSP.



D'après le BCSF : note préliminaire du séisme d'Argelès Gazost le 17 novembre 2006

**Document 6 : microzonage de la ville de Lourdes**

La ville de Lourdes a été partiellement détruite par de tremblements de terre à deux reprises, en 1660 (séisme d'intensité IX à une vingtaine de kilomètres de Lourdes), et en 1750 (séisme d'intensité VIII à seulement 5 kilomètres de la cité). L'Observatoire Midi-Pyrénées (OMP) a donc conduit une étude pour évaluer la réponse des sols, au cas où un séisme semblable à ces séismes historiques viendrait à se reproduire aux portes de cette ville.



Enregistrements d'un même séisme et localisation sur la carte géologique de Lourdes des stations d'enregistrement temporaires placées dans la ville. (Sources :d'après Dubos, Souriau, Ponsolles, Fels et Sénéchal, Bull. Soc. Géol. Fr., 174,33-44, 2003 in <http://www2.cnrs.fr/presse/thema/698.htm> Plan de prévention des risques sismiques de la ville de Lourdes)

## Document 7 : Préventions des risques sismiques

### Document 7a : « le plan séisme : programme national de prévention du risque sismique »

... le Gouvernement a décidé d'engager sur les six années à venir, **un programme national de prévention du risque sismique**. L'objectif est de réduire la vulnérabilité au risque sismique. Sa stratégie consiste à favoriser une prise de conscience des citoyens, des constructeurs et des pouvoirs publics, mais aussi à mettre en œuvre avec fermeté des dispositions déjà adoptées et de poursuivre l'amélioration des savoir-faire...

PLAN SEISME 			
CHANTIER 1	CHANTIER 2	CHANTIER 3	CHANTIER 4
Approfondir la connaissance scientifique de l'aléa, du risque et mieux informer sur celui-ci	Améliorer la prise en compte du risque sismique dans les constructions	Concertier, coopérer et communiquer	Contribuer à la prévention du risque de tsunami
Informer et former Développer, programmer et évaluer la connaissance Capitaliser la connaissance	Assurer le respect de la réglementation Maîtriser et réduire la vulnérabilité	Réaliser les objectifs du programme Communiquer Anticiper la crise	Mettre au point un système d'alerte Évaluer et cartographier le risque en Méditerranée et dans les Antilles Former et sensibiliser

Les principaux chantiers du Plan Séisme 2006-2011

**Les axes du plan séisme Pyrénées**  
**En 2006, plusieurs actions ont été réalisées :**

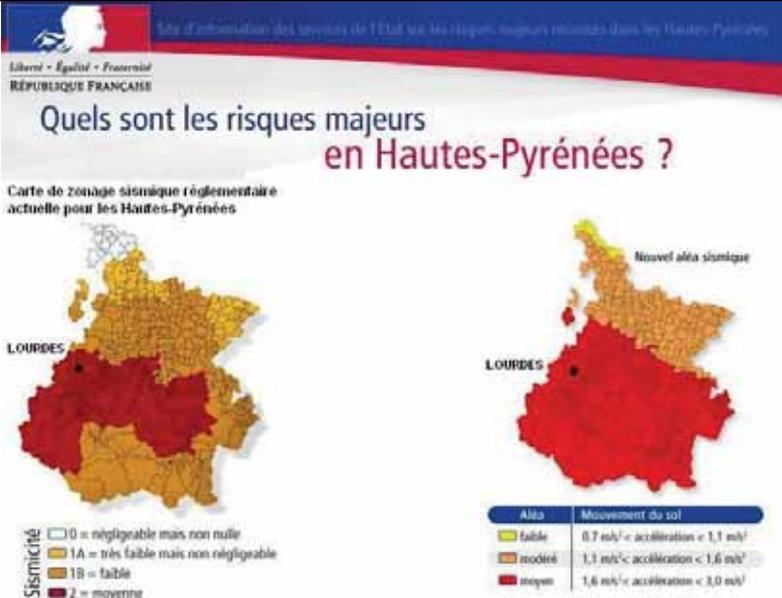
- Le microzonage de Lourdes, engagé par la DDE des Hautes-Pyrénées ;
- La tenue le 12 décembre 2006 à Tarbes d'un forum à l'attention des professionnels de la construction ;
- Le lancement de la réalisation d'un film « Construire une maison parasismique » à destination des constructeurs particuliers et des artisans.

**Plusieurs actions sont en projet :**

- Le microzonage de Bagnères-de-Bigorre ; la réalisation de scénarii de crise sismique ...

Extrait du site <http://www.planseisme.fr/>

### Document 7b : révision du zonage sismique dans les hautes Pyrénées



**Quels sont les risques majeurs en Hautes-Pyrénées ?**

Carte de zonage sismique réglementaire actuelle pour les Hautes-Pyrénées

Nouvel aléa sismique

Aléa	Mouvement du sol
faible	0,7 m/s <sup>2</sup> < accélération < 1,1 m/s <sup>2</sup>
modéré	1,1 m/s <sup>2</sup> < accélération < 1,6 m/s <sup>2</sup>
moyen	1,6 m/s <sup>2</sup> < accélération < 3,0 m/s <sup>2</sup>

**Sismicité**

- 0 = négligeable mais non nulle
- 1A = très faible mais non négligeable
- 1B = faible
- 2 = moyenne

La nouvelle carte de zonage sismique réglementaire, fondée sur la nouvelle carte d'aléa sismique (ci-contre), est accompagnée de nouvelles règles de construction parasismique... elle sera approuvée par décret dans le courant de l'année 2007.

D'après le site <http://www.risquesmajeurs-hautes-pyrenees.pref.gouv.fr>

### Document 7c : information de la population

Doc 7c- 1 : Affiche d'information

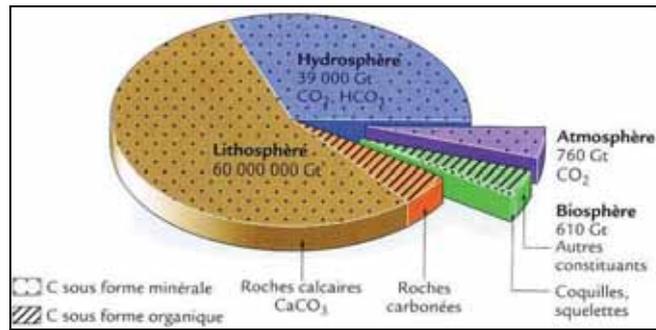


Doc 7c- 2 : Exercice de mise en sécurité dans un collège



(Sources : doc 1, Manuel Nathan 4<sup>ème</sup>, 2007; doc 2, Manuel Bordas 4<sup>ème</sup>, 2007)

**Document 8 : les réservoirs de carbone sur la Terre**

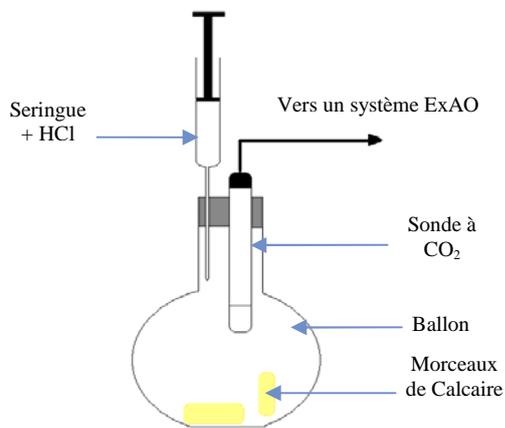


*D'après le manuel de SVT - Seconde ed. Nathan 2006*

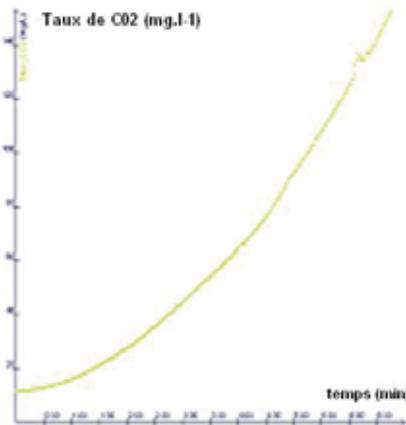
**Document 9 : identification de quelques réservoirs de carbone**

**Document 9a :**

action d'un acide sur une roche calcaire



Résultat de la manipulation



*D'après : colloque CO<sub>2</sub> du 19/06/2009- Académie de Versailles – Lycée Simone de Beauvoir Garges les Gonesse*

**Document 9b : échantillon de houille**



*D'après le BRGM*  
<http://www.mineralinfo.org/utilisation/charbon.htm>

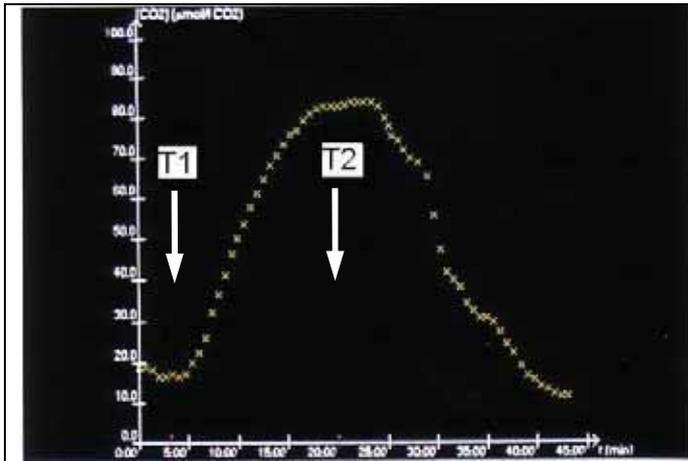
**Document 9c : échantillon de calcaire grossier du Lutétien**



*Photographie de JC Bridet*

**Document 10 : transferts de carbone entre atmosphère, hydrosphère, biosphère**

**Document 10a : échanges entre l'atmosphère et l'hydrosphère**

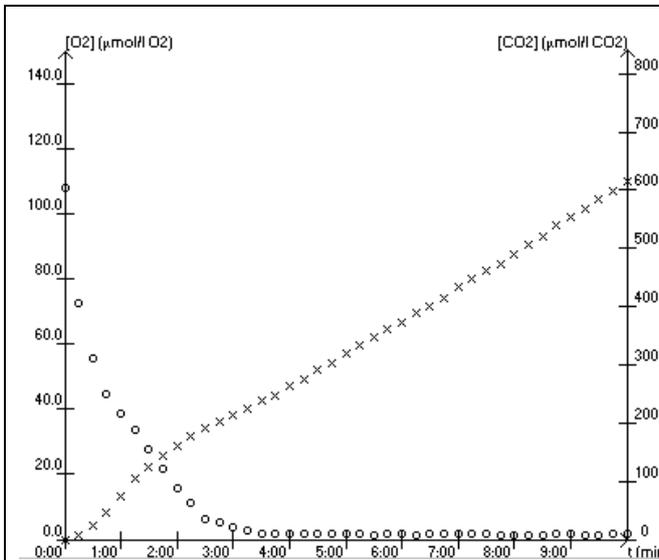


On remplit partiellement un erlenmeyer d'eau bouillie et on place une sonde à CO<sub>2</sub> dans l'eau.

- À T1 = 3 min, on souffle plusieurs fois dans l'air contenu dans l'erlenmeyer
- À T2 = 20 min, on suspend dans le flacon un sac de gaze contenant des pastilles de potasse.

*D'après Manuel de SVT Seconde Ed. Bordas 2004*

**Document 10b : échanges entre l'atmosphère et la biosphère**

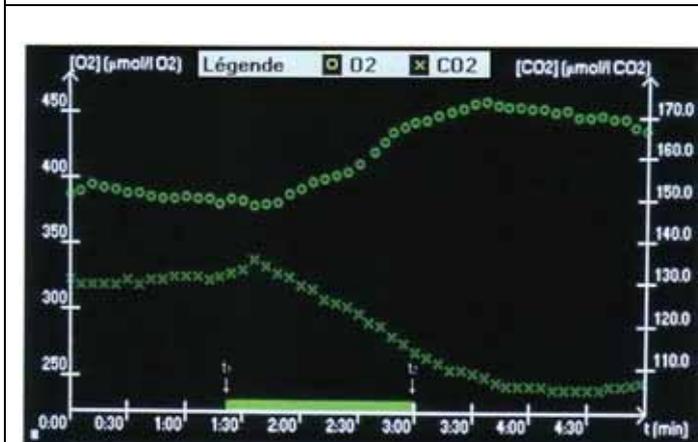


**Document 10b-1 :**

Mesures, obtenues par ExAO, des échanges gazeux entre des cellules de Levures (*Saccharomyces cerevisiae*) et le milieu de culture glucosé.

(x = [CO<sub>2</sub>] et o = [O<sub>2</sub>])

*D'après Kit ExAO <http://www.sordalab.com>*

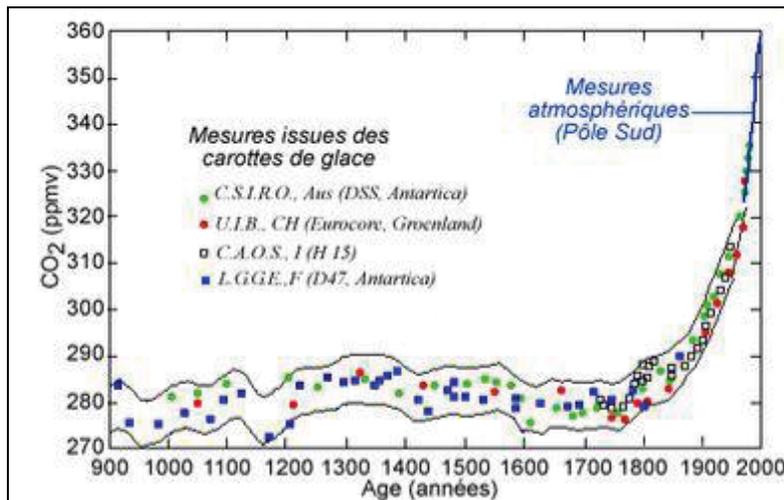


**Document 10b-2 :**

Mesures, obtenues par ExAO, des échanges gazeux entre des cellules de *Dunaliella* (algue verte unicellulaire) et le milieu de culture (milieu éclairé entre t<sub>1</sub> et t<sub>2</sub>)

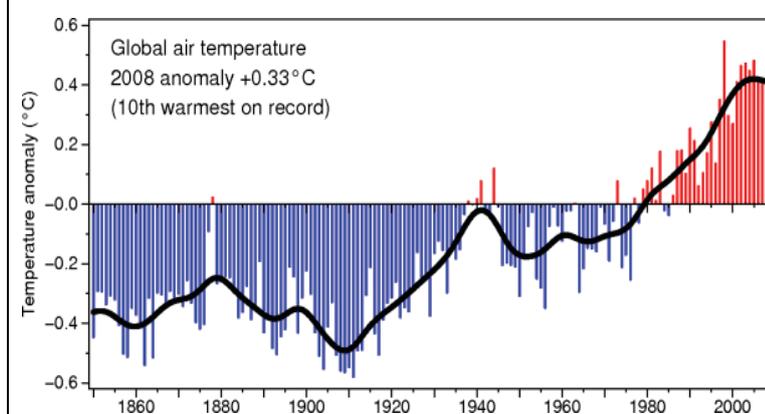
*D'après Manuel de SVT Seconde Ed. Bordas 2004*

**Document 11 : dioxyde de carbone et réchauffement climatique global**



**Document 11a :** Évolution historique du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique

Figure extraite du site Planet Terre Compilation d'après J.M. Barnola et J. Chappelaz (LGGE)

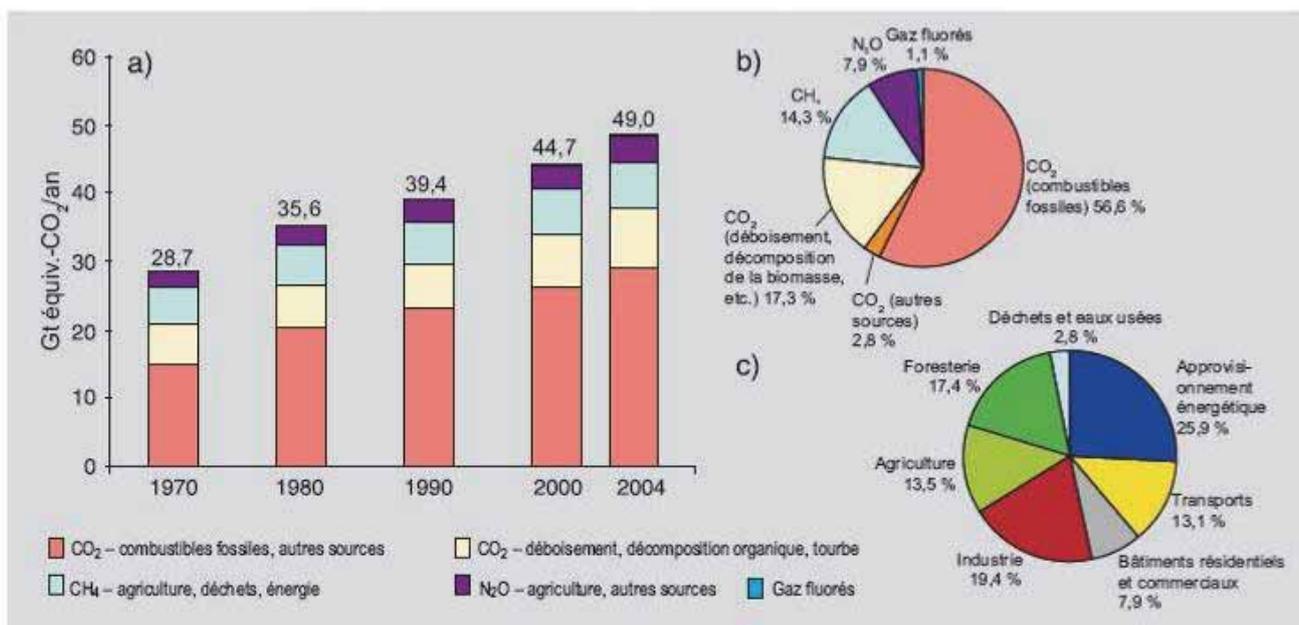


**Document 11b :** Évolution des températures moyennes mondiales sur mer et sur terre de 1850 à 2007.

En ordonnée, se trouvent les écarts de températures (°C) par rapport à la moyenne relevée entre 1961 et 1990.

Source: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming/>

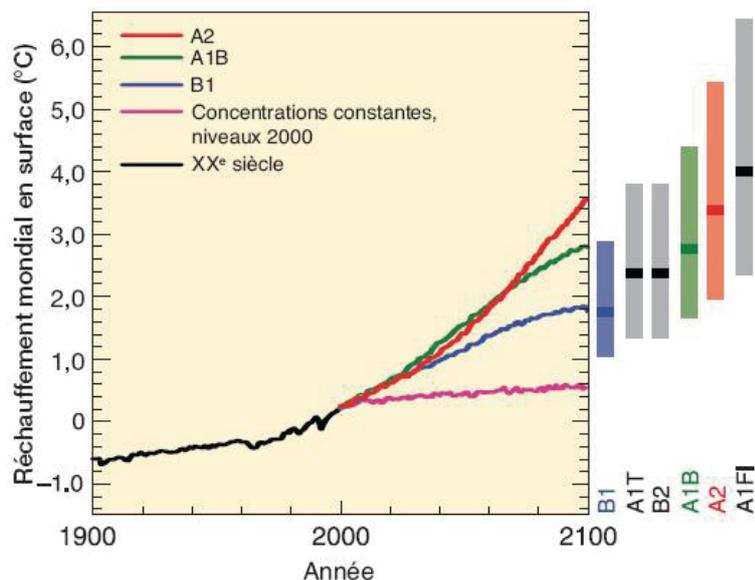
**Document 11c :** émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES) anthropiques



Source : GIEC rapport de synthèse 2007 sur les changements climatiques

a) Émissions annuelles de GES (gaz à effet de serre) anthropiques dans le monde, 1970-2004. b) Parts respectives des différents GES anthropiques dans les émissions totales de 2004, en équivalent-CO<sub>2</sub>. c) Contribution des différents secteurs aux émissions totales de GES anthropiques en 2004, en équivalent-CO<sub>2</sub>. (La foresterie inclut le déboisement)

**Document 11d** : les scénarios d'évolution socio-économique du réchauffement climatique



Les courbes en trait plein correspondent aux moyennes mondiales multimodèles du réchauffement en surface pour les scénarios A2, A1B et B1, en prolongement des simulations relatives au XX<sup>e</sup> siècle. Ces projections intègrent les émissions de GES et d'aérosols de courte durée de vie. La courbe en rose ne correspond pas à un scénario mais aux simulations effectuées à l'aide de modèles de la circulation générale couplés atmosphère-océan (MCGAO) en maintenant les concentrations atmosphériques aux niveaux de 2000. Les barres sur la droite précisent la valeur la plus probable (zone foncée) et la fourchette probable correspondant aux six scénarios de référence du SRES pour la période 2090-2099. Tous les écarts de température sont calculés par rapport à 1980-1999.

Source : Rapport du GIEC 2007 (sous la direction de Pachauri, R.K. et Reisinger, A.)

GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat) : Groupe mis en place en 1988 par l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) pour répondre aux problèmes posés par les changements climatiques

**Document 12 : Production d'hydrocarbures par la culture de *Botryococcus braunii***

d'après le rapport final de l'étude réalisée sous la direction de E. CASADEVALL (CNRS) en 1985  
« Production d'hydrocarbures renouvelables par la culture de l'algue verte *Botryococcus braunii*.  
Étude des facteurs affectant la production des hydrocarbures »

On connaît des algues d'eau douce (*Botryococcus braunii*) capables de fabriquer directement des hydrocarbures et des huiles que l'on sait transformer en biodiesel. Elles fabriquent aussi des polysaccharides qui pourraient constituer un sous produit intéressant d'une production à grande échelle d'hydrocarbures par culture de microalgues en donnant lieu à des applications industrielles diverses (alimentation, cosmétique, production assistée du pétrole).

Le milieu standard comporte les éléments du milieu n°13 de Chu, concentrés 4 fois, plus 10 ml d'une solution de microéléments (solution de Hutner) ; le pH est amené à 7,4.

Milieu n°13 de Chu (mg.l <sup>-1</sup> )		Solution de Hutner (mg.l <sup>-1</sup> )	
KNO <sub>3</sub>	200	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	286
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	52,4	MnSO <sub>4</sub> , 2H <sub>2</sub> O	154
MgSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	100	ZnSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	22
CaCl <sub>2</sub> , 2H <sub>2</sub> O	54	CuSO <sub>4</sub> , 5 H <sub>2</sub> O	8
FeNaEDTA	10	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> , 2 H <sub>2</sub> O	6
		CoSO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	9

La culture est aérée par un mélange air + 1 % de CO<sub>2</sub> à raison de 20 volumes/volume de culture/heure. L'éclairage continu est de 470 μE.m<sup>-1</sup>.s<sup>-1</sup> (= 94 W. m<sup>-2</sup>). La mise en culture est effectuée dans des conditions stériles.

**Tableau 2 : variation de la production et de la productivité de *Botryococcus braunii* (variété A) en fonction de l'intensité d'éclairage au bout de 21 jours de culture**

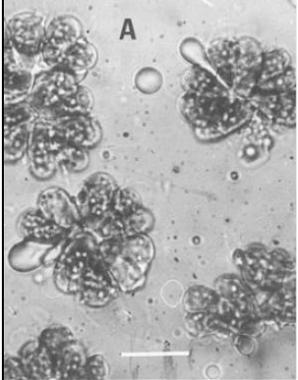
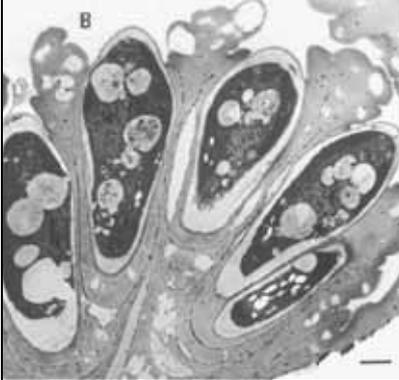
Intensité (W.m <sup>-2</sup> )	Biomasse (mg.1 <sup>-1</sup> )	Hydrocarbures (mg.1 <sup>-1</sup> )	% d'hydrocarbures rapportés à la biomasse	Productivité (mg d'hydrocarbures/gr.de biomasse/jour)
I <sub>1</sub> : 148	855	108	9,5	5,0
I <sub>2</sub> <sup>a</sup> : 94	2020	320	16,5	15,5
I <sub>3</sub> : 47	2410	575	23	29,0
I <sub>4</sub> : 9,4	875	102	11,6	22,0

<sup>a</sup> : intensité standard pour une culture expérimentale d'algue verte.

**Document 13 : Synthèse d'hydrocarbures et de lipides par *Botryococcus braunii***

d'après « *Botryococcus braunii : a rich source for hydrocarbons and related ether lipids* » - P. Metzger et C. Largeau in *Applied Microbiology and Biotechnology* (2005).

**Tableau 3 : présentation de *Botryococcus braunii***

<p><i>Botryococcus braunii</i> est une microalgue verte coloniale répandue dans les eaux douces et saumâtres éventuellement temporaires, situées en zones continentales tempérées, alpines ou tropicales. Cette microalgue a été proposée comme source d'énergie renouvelable. De plus, cette production d'hydrocarbures, en permettant la capture du CO<sub>2</sub> pourrait atténuer les émissions de gaz à effet de serre...</p>			
	<p>Colonie d'une souche de <i>B. braunii</i> de variété A au microscope optique. (Angleterre)</p> <p>Quelques gouttes de lipides sont éjectées de la colonie sous la pression de la lamelle.</p> <p>(la barre d'échelle mesure 10 microns)</p>		<p>Colonie d'une souche de <i>B. braunii</i> de variété L de Côte d'Ivoire (Yamoussoukro).</p> <p>La section montre les épaisseurs successives de la paroi où s'accumulent les lipides.</p> <p>M.E.T. (la barre d'échelle mesure 1 micron)</p>

**Tableau 4 : Abondance relative de quelques lipides de quatre souches des trois groupes chimiques de *B. braunii***

Les variétés de *B. braunii* isolées et cultivées en laboratoire diffèrent des populations sauvages par le type d'hydrocarbure qu'elles synthétisent. En plus des hydrocarbures, les trois variétés synthétisent des lipides classiques (acides gras, triglycérides et stérols) Une deuxième caractéristique de *B. braunii* est la fabrication d'éthers lipidiques utilisables dans l'industrie chimique.

Composés	Variété A		variété B	variété L
	Bolivie (Overjuyo)	UK (Maddingley)	Martinique (La Manzo)	Cote d'Ivoire (Yamoussoukro)
Lipides totaux	62	63	53	35
Hydrocarbures	0.4	20	32	3
Éthers lipidiques	35	n.d.	0.2	13
Époxydes	n.d.	n.d.	1	0.6
Triacylglycérols	2	n.d.	n.d.	n.d.
Stérols	n.d.	n.d.	0.2	0.2

Valeurs exprimées en pourcentage de poids sec. (n.d. = non déterminé)

**Document 14 : d'après « Biodiesel from microalgae » - Yusuf Chisti in *Biotechnology Advances* 25 (2007)**

Actuellement, on distingue deux catégories de biocarburants : l'éthanol, obtenu par la fermentation de sucres d'origine agricole (Betterave, Canne à sucre ...) et les biodiesels. Les biodiesels sont issus de la transformation de triglycérides en présence de méthanol par transestérification. Le Diester est un nom de marque désignant un biodiesel.

**Tableau 5 : Comparaison de quelques végétaux sources de biodiesel**

Culture	Production d'huile (L/ha)	Surface de terrain correspondante <sup>a</sup> (M ha)	Part de la surface actuelle cultivée aux EU
Maïs	172	1 540	846 %
Soja	446	594	326%
Jatropha	1 892	140	77%
Huile de palme	5 950	45	24%
Microalgue <sup>b</sup>	58 700	4,5	2,5%

<sup>a</sup> nécessaire pour couvrir 50% des besoins en carburant pour les transports aux États Unis.

<sup>b</sup> estimation réalisée pour une production de 30% d'huile (en poids de biomasse)