

Corrections

Questions

1/ La photosynthèse est le métabolisme par lequel le carbone atmosphérique est incorporé dans les molécules organiques en utilisant pour cela l'énergie fournie par la lumière. Elle caractérise le plus souvent les producteurs primaires d'un milieu.

2/ La productivité primaire est la quantité de biomasse fabriquée par les producteurs primaires d'un milieu le plus souvent, cela correspond à la masse de végétaux fabriquée par unité de temps.

3/ La biomasse est la masse des organismes vivants présents dans un milieu. Le plus souvent, ce terme est utilisé comme synonyme de matière organique.

4/ Les indices qui montrent que les combustibles fossiles proviennent d'une ancienne matière organique sont:

- leur teneur en carbone
- la présence de fossiles soit macroscopiques (végétaux inclus dans le charbon), soit microscopiques (pollens...) soit moléculaires (molécules d'origine organique, caractéristique de certaines membranes bactériennes par exemple)
- les divers stades de formation qui ont tous été observés simultanément (dégagement de gaz dans les marais, formation de tourbe, gisements de charbons de richesse variée en carbone, altération des gisements superficiels de pétrole....)
- leur emplacement et leur âge, correspondant à des lieux et des époques de forte productivité.

5/ Le kérogène est le mélange de matière organique en décomposition, en profondeur, à l'abri du dioxygène et dont les transformations sous l'influence de la température et la pression conduisent à la formation de combustibles fossiles.

6/ Le rayonnement solaire ne se répartit pas de façon égale sur le sol., à cause de la forme sphérique de la Terre. À l'équateur, il frappe «directement», de face, le sol, le chauffant plus fortement qu'aux pôles, où il s'étale tangentiellement à la surface de la planète. À l'équateur, le sol chauffe donc davantage l'air qu'aux latitudes supérieures, et comme l'air chaud est moins dense que l'air froid, il s'élève dans l'atmosphère, remplacé par de l'air plus frais qui doit bien, pour cela, se déplacer: les vents sont ainsi créés.

7/ Le pétrole n'est pas seulement une ressource énergétique, c'est aussi une matière première qui permet la fabrication et la synthèse de nombreux produits qui ne sont pas des sources d'énergie: bitumes mais aussi peintures, solvants, médicaments, engrais, matières plastiques...

8/ L'agriculture implique de choisir et de favoriser les végétaux qui nous sont utiles: nous leur réservons de vastes territoires pour qu'ils puissent se développer en paix, nous assurons leur nutrition de façon optimale (apports d'engrais sous plusieurs formes), nous les protégeons de leurs prédateurs (surtout les insectes, mais aussi les petits mammifères comme les mulots et les souris) ainsi que de leurs parasites (champignons), et nous éliminons leurs concurrents.

Cette élimination des différents «gêneurs» implique bien une réduction de la biodiversité par occupation des territoires autrefois utilisés par des végétaux variés (et une autre population animale) ainsi que par élimination des espèces végétales ou animales qui gênent le développement des plantes agricoles. Il y a donc bien une concurrence entre les végétaux cultivés et ceux qui occupaient précédemment leur lieu de culture, mais aussi une concurrence entre les populations animales «tolérées» dans les cultures et celles présentes dans le milieu avant sa mise en culture.

9/ Un horizon est une couche distincte et repérable dans un sol. Ces différents horizons sont nommés par des lettres, ils ne sont pas tous présents dans tous les sols.

10/Les sols cultivables sont fragiles, car ils constituent une couche, d'épaisseur variable, qui n'est pas toujours stable et peut être détachée de la roche mère et emportée par plusieurs phénomènes d'érosion, surtout liés aux pluies abondantes. De plus, ces sols peuvent être «épuisés» par une utilisation trop intense de leurs ressources minérales, ce qui forcera ensuite à les «compléter» par différents apports minéraux si l'on veut les utiliser en continu.

Colles

1/ Les conditions qui permettent la transformation d'une biomasse en combustible fossile sont:

- des dépôts importants de matière organique
- une sédimentation importante qui met la matière organique à l'abri du dioxygène
- une poursuite pendant de longues durées (se comptant en dizaines de millions d'années, voire plus) de l'ensemble dépôt/ensevelissement, avec enfoncement progressif des dépôts de matière organique à quelques kilomètres de profondeur.

2/ On peut dire que tous les êtres vivants sont faits de «CO₂ transformé» car le carbone de toutes leurs molécules provient du CO₂ qui a été incorporé, par un végétal utilisant sa photosynthèse, dans des molécules organiques qui, transformées par la suite au fil des chaînes alimentaires, ont fini par constituer l'être vivant considéré.

3/ 75 % de la surface de la Terre est recouverte par les océans, mais l'eau des océans, salée, n'est pas directement utilisable par les animaux ou les végétaux. Comme cette eau salée représente 97 % de l'eau disponible sur Terre, l'eau douce, ou plus exactement l'eau liquide contenant peu de sels minéraux, seule forme utilisable par les êtres vivants, est donc rare dans de nombreuses régions de la planète.

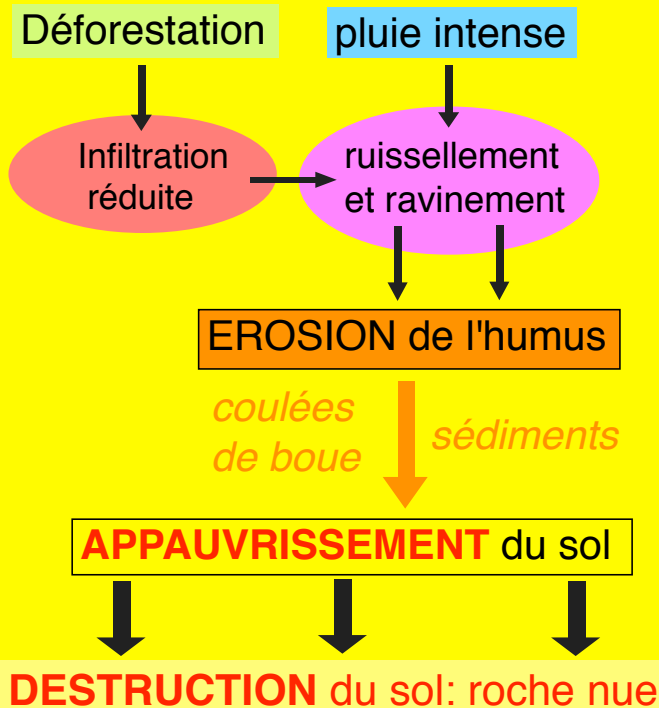
De plus, vous pouvez songer à ce que vous avez appris en chimie: comme de très nombreuses substances peuvent se dissoudre dans l'eau, l'eau peut se charger très facilement de produits plus ou moins toxiques, et devenir ainsi impropre à la consommation... C'est aussi un milieu favorable, lorsqu'il est contaminé, à la multiplication de nombreux micro-organismes pathogènes. L'eau douce est donc non seulement rare, mais aussi fragile.

4/ Tableau comparatif de deux ressources énergétiques: afin de vous aider malgré les différents choix possibles, le tableau ci-dessous compare, selon les termes demandés, plusieurs ressources énergétiques. En choisissant les deux lignes correspondantes à vos choix, vous pourrez corriger votre travail.

ressource	recherche	obtention	utilisation	déchets	durabilité
pétrole	difficile et couteuse	forage, transport sur de longues distances	matière première, transports	peu à l'usage, nombreux à l'extraction, transport dangereux.	un à quelques siècles environ
charbon	simple	mines	énergie	gaz soufrés, méthane, terrils	plusieurs siècles
gaz	comme le pétrole	forages	énergie	très faibles	un siècle
nucléaire	prospection minière, difficile	mines	énergie, médecine recherche	matières radio-actives, parfois à très longue dangerosité (éventuellement réutilisables)	un à quelques siècles
hydro-électrique	simple (cours d'eau)	barrages	énergie, réserve d'eau	très peu (modifie les paysages)	tant que l'eau coule
solaire	simple	difficile car énergie diluée sur une grande surface	énergie	faibles (fabrication / recyclage des panneaux)	4 milliards d'années.

5/ Schématiser veut bien dire représenter sous forme de schéma, donc inutile de bien savoir dessiner des arbres et autres sols: un simple diagramme permet de répondre parfaitement à la question posée. Voici un exemple (il existe bien d'autres possibilités) de réponse, qui débute bien entendu, comme tout schéma, par un titre, et se poursuit par un petit commentaire (indispensable!):

Suite d'événements consécutifs à une déforestation en milieu tropical.



La destruction de la couverture végétale réduit l'infiltration des eaux de pluie et favorise, si elles sont intenses, le ruissellement et le ravinement des sols. L'humus est peu à peu emporté, n'étant plus maintenu en place par les racines des végétaux, sous forme de coulées de boue ou de sédiments. Ce déplacement cause un appauvrissement des sols qui peut même déboucher sur leur destruction, la roche nue apparaissant en surface et interdisant alors toute culture.

Remarque: le schéma ci-dessus décrit une possibilité, pas une fatalité. La déforestation peut être nécessaire pour permettre, tout simplement, de nourrir les populations locales ou pour contribuer au développement du pays. Elle doit alors être accompagnée de mesures visant à éviter l'usure des sols et à maintenir une certaine biodiversité.

6/ Mode de formation d'un sol.

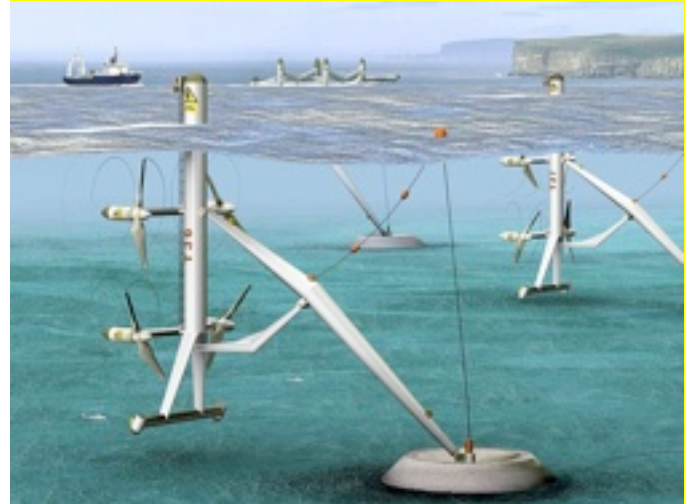
Un sol se forme par altération (destruction, fragmentation, modification chimique) d'une roche sous l'influence tout d'abord de l'eau et de la température, puis des êtres vivants, en particulier les champignons, les bactéries puis les végétaux qui vont accélérer, influencer et modifier cette dégradation. La lente accumulation de matériaux organiques, leur dégradation biologique, leur mélange avec les éléments minéraux, entre autres par l'influence des vers de terre, va aboutir à la formation de plusieurs couches, ou horizons, dont les plus externes, riche en éléments nutritifs, permettent l'enracinement des végétaux qui les stabilisent et assurent leur maintien.

7/ Il est facile de trouver des documents sur les hydroliennes. Vous devriez avoir rédigé quelques paragraphes dans ce style:

Une hydrolienne est une machine qui utilise l'énergie d'un courant aquatique, qu'il soit maritime ou dans un cours d'eau, qu'il

transforme en énergie électrique. Ces machines sont la version électrique du moulin à eau connu depuis l'antiquité. Il n'existe pas encore d'hydroliennes en activité (bien que l'on puisse considérer que les turbines des barrages sont des hydroliennes), mais plusieurs projets sont à l'étude, en particulier au Québec, dans le fleuve St Laurent, où deux turbines ont été récemment (août 2010) installées. Elles doivent leur nom à l'analogie avec les éoliennes, qui elles génèrent de l'électricité à partir des courants... d'air (les vents).

Ci-dessous : projet d'hydrolienne de la société Tidal Stream (image tidalstream partners/wikimedia).



8/ La recherche de pétrole se concentre au niveau des bassins sédimentaires, car la formation du pétrole nécessite une longue sédimentation de matière organique à l'abri du dioxygène. Cette sédimentation devant se poursuivre pendant des dizaines de millions d'années, elle se trouve être à l'origine de la formation de grandes étendues de roches sédimentaires, les bassins sédimentaires. C'est donc au niveau de ces zones (émergées ou immergées) que l'on a le plus de chance de découvrir du pétrole.

Le bassin parisien et celui d'Aquitaine peuvent donc eux aussi contenir des combustibles fossiles: plusieurs gisements ont d'ailleurs été identifiés et exploités dans le bassin parisien (Marne, Essonne et Seine-et-Marne), et le bassin aquitain renferme un gisement de gaz, à Lacq, exploité entre 1951 et aujourd'hui. Des puits de pétrole ont également été exploités en Aquitaine, à Parentis (Landes) par exemple. Si les puits ne sont plus (ou peu) exploités, ce n'est pas à cause de leur épuisement (réel), mais du prix de revient trop élevé du pétrole obtenu par leur exploitation (Il existe une soixantaine de puits de pétrole en France métropolitaine, qui ont produit 1,2 million de tonnes en 2002, soit 2% de la consommation du pays).

Exercices

1 - Un Dieu parmi les hommes. (3 pts)

Pythagore, au 5^{ème} siècle av. J.-C.: «Il part du soleil un rayon qui pénètre dans l'air et la mer, atteint les profondeurs et, de ce fait, donne vie à tous les êtres.»

Pythagore n'était pas très loin de la vérité, car sa description peut être interprétée comme étant une intuition du rôle de la photosynthèse: les rayons lumineux traversent l'air et la surface des eaux qui apportent à la biosphère l'énergie qui permet aux producteurs primaires de fabriquer de la matière organique et donc, en constituant ainsi la base de toutes les chaînes alimentaires, de «donner vie à tous les êtres».



Attention toutefois: il est très difficile d'analyser les déclarations des scientifiques du passé à travers nos connaissances actuelles, et ce qui peut passer pour une lumineuse (c'est le cas de la dire!) intuition peut ne relever que de la coïncidence. Le but de cet exercice est de vous faire réfléchir sur la photosynthèse, pas de vous

faire croire qu'elle avait été «inventée» ou «devinée» par Pythagore il y a 26 siècles, bien que le génie de ce philosophe ait été considérable! Ainsi, la citation de Pythagore peut aussi se lire comme un témoignage de l'existence d'un lien pressenti, et ce dans de très nombreuses cultures, entre le soleil, la lumière solaire, et la vie.

2 - Percival & la menthe (3 pts)

Dr Thomas Percival: «une plante de menthe alimentée par de l'eau, et exposée à un courant d'air atmosphérique mêlé de gaz acide carbonique, avait mieux prospéré qu'une plante semblable exposée à un courant d'air atmosphérique pur».

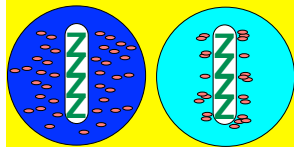
Les résultats observés par T. Percival s'expliquent aisément: une des plantes a reçu un supplément «d'acide carbonique», c'est à dire de CO_2 . Cette quantité supplémentaire de carbone disponible lui a permis d'effectuer une croissance plus rapide, car son taux d'incorporation de carbone atmosphérique a été supérieur à celui de l'autre plante. Le rôle de cette dernière, qui a reçu un courant d'air «normal», est de servir de témoin.



Le rôle du témoin, en sciences, est d'isoler, par comparaison, le rôle du seul paramètre qui varie dans une expérience, à savoir ici la présence ou l'absence d'une quantité supplémentaire de CO_2 disponible pour la plante.

3 - L'ingénieur Mr Engelmann (7 pts)

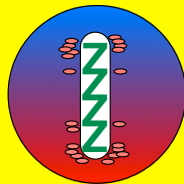
31 *Spirogyra* est en blanc, ses chloroplastes en vert, *Bacterium thermo* en rose. À gauche, observation à l'obscurité, à droite à la lumière.



311 - Engelmann a l'air isolé sa préparation de l'air ambiant, car il veut étudier la production de dioxygène par *Spirogyra*. S'il n'isole pas sa préparation, le dioxygène de l'air va pénétrer dedans et il ne pourra plus alors savoir si le dioxygène, révélé par le comportement des bactéries, provient de l'air extérieur ou de *Spirogyra*. Le dioxygène de l'air interférerait avec celui produit par ses végétaux, et rendrait l'interprétation de l'expérience plus difficile.

312 - Les bactéries se concentrent autour du filament vert, correspondant aux chloroplastes, de *Spirogyra*. Comme ces bactéries sont attirées par le dioxygène, on peut donc en déduire que ce gaz est libéré dans l'eau (où il se dissout) au niveau de cet organe. Le dégagement de O_2 étant un des composants de la photosynthèse, on peut en conclure que ce métabolisme se déroule, au moins partiellement, au niveau du chloroplaste.

32 - Engelmann, observe que les *Bacterium thermo* ne se rassemblent près des chloroplastes que si la lumière qui éclaire les algues est bleu ou rouge. Cela signifie que le dégagement de dioxygène ne se produit que si le chloroplaste est éclairé par de la lumière bleu ou rouge. Or, ces couleurs coïncident avec celles qui sont absorbées par le pigment chlorophylle (auquel le chloroplaste doit sa couleur verte). On en conclut que la chlorophylle est bien plus qu'un simple colorant; c'est cette molécule qui absorbe l'énergie lumineuse pour réaliser la photosynthèse, puisque la «signature» de ce métabolisme, le dégagement de dioxygène, ne se produit que dans les régions où la chlorophylle peut absorber la lumière. La chlorophylle est donc le «capteur» de l'énergie de la lumière nécessaire pour de faire entrer le C du CO_2 de l'air dans les molécules organiques fabriquées par les producteurs primaires (qui sont, le plus souvent, des végétaux).




Engelmann a réalisé ainsi une magnifique expérience, extrêmement ingénieuse!

4 - A.F. Fourcroy et le dioxygène (7 pts)

41 - Fourcroy désigne par «matière combustible des plantes» la matière susceptible de brûler. Comme vous avez étudié les combustions (oui, il ne faut pas oublier ce que vous avez vu en chimie et physique lorsque vous êtes en biologie: la démarche scientifique est une et indivisible...), vous savez qu'elles libèrent du CO_2 et de l' H_2O . Autrement dit, les matières combustibles comprennent des matériaux contenant C, H et O... autrement dit... de la matière organique!

Il était aussi possible de trouver cela en réfléchissant à ce qui reste des végétaux qui ont brûlé: il reste des cendres, donc des éléments minéraux (à tel point que les cendres sont même parfois utilisées comme engrais), ce qui signifie bien que les combustions ont «enlevé» à la plante toute sa matière organique (puisque'il ne reste que les minéraux), ce qui montre l'identité entre matière «combustible» et organique.

42 - Simple exercice de lecture: Fourcroy écrit que «les feuilles des plantes exposées au soleil, (qui) absorbent l'hydrogène de l'eau et en séparent l'oxygène». A son époque, il a été démontré par Lavoisier que l'eau contient les éléments H et O. Pour Fourcroy, le dioxygène relâché par les plantes provient de l'eau. Cela revient à dire que les végétaux sont capables de réaliser la décomposition de l'eau en ses éléments, ce que Fourcroy souligne clairement puisqu'il parle bien de «la décomposition de l'eau par les feuilles». Pour lui, les végétaux décomposent l'eau en H, utilisé dans les molécules organiques, et O, relâché sous forme de O_2 .

43 -  Fourcroy n'a pas réalisé une découverte. En effet, il ne propose aucune expérience, aucune observation permettant de prouver ce qu'il avance. Le dioxygène pourrait, en effet, aussi provenir du CO_2 , comme le pensait la majorité des scientifiques de son époque (ils se trompaient, preuve supplémentaire qu'en matière de sciences le nombre n'établit pas la vérité).

Fourcroy propose une possibilité, il formule une hypothèse, cette dernière ayant été confirmée, bien plus tard, on peut parler au sujet de cette idée d'intuition.

L'intuition est indispensable en sciences, elle guide les chercheurs dans l'exploration de nouvelles idées, mais elle doit être complétée par des observations et des expériences pour établir des faits scientifiques.

Remarque: ce n'est que la seconde moitié du vingtième siècle, en utilisant des atomes d'oxygène «marqués» par leur radio-activité, que les chercheurs ont pu vérifier que Fourcroy avait raison. Beaucoup de temps peut donc s'écouler entre une intuition et sa confirmation expérimentale!

5 - Saussure a son pied (10 pts)

Au début du 19^{ème} siècle, Nicolas Théodore de Saussure (1764-1845) effectua des expériences pour étudier la nutrition des végétaux. A son époque, plusieurs idées, non démontrées, circulaient à ce sujet: certains scientifiques étaient en faveur d'une consommation de l'humus par les plantes, d'autres pensaient que l'eau devait se transformer en minéraux dans la plante.

51 - Plusieurs observations et expériences montrent que les végétaux ne peuvent pas trouver leur carbone dans l'humus.

Tout d'abord, vous avez tous fait germer des pois ou des lentilles dans du coton: ces végétaux peuvent se développer pour peu que leur support soit humide. On peut objecter que le coton contient du carbone, ou que les graines contiennent des réserves, mais il est d'autres exemples.

Ainsi, des bambous sont couramment vendus dans des pots qui ne contiennent que de l'eau. Ils peuvent se développer en recevant uniquement de l'eau régulièrement (cette eau contient des sels minéraux). Il n'ont alors aucune source de carbone à leur

disposition (ni le verre du vase, ni l'eau n'en contiennent), ce qui ne les empêche pas de se développer.

Une démonstration supplémentaire, expérimentale, est celle donnée p. 66 (oui, vous vous en souvenez, non?): c'est l'expérience de Van Helmont, qui montre que la masse de matière qui disparaît du sol où pousse un arbre est négligeable par rapport à l'augmentation de la masse de l'arbre. Le carbone de l'arbre ne peut donc provenir du sol, puisque la masse de ce dernier ne varie presque pas alors que celle de l'arbre, fait de matière organique, donc carbonée, augmente fortement.

52 - Comme il est possible de cultiver des végétaux dans de l'eau additionnée de substances solubles, les «sels», cela signifie que les végétaux puisent leur carbone ailleurs que dans l'eau, qui n'en contient pas. Le seul autre milieu avec lequel ils sont en contact étant l'atmosphère, cette dernière doit être la source de carbone, ce qui n'est possible que grâce au CO₂ qu'elle contient.

À l'époque de Saussure, certains pensaient qu'il était possible qu'une «miraculeuse» transformation change les minéraux en carbone, ou bien que les sels minéraux contenaient du carbone (ce qui semble plus logique). Mais comme les minéraux absorbés par la plante sont retrouvés dans ses cendres, cela montre qu'ils ne sont pas «transformés» et qu'ils ne contiennent pas de carbone. La source de C doit donc être recherchée ailleurs.

Ceci est confirmé par la quantité «insignifiante» de matière nutritive puisée dans les sols: comme la masse des éléments qui y sont puisés est trop faible pour correspondre à celle des végétaux, il faut bien que ces derniers «fabriquent» leur matière à partir d'une autre source que le sol: il ne reste que l'eau, qui ne contient pas de carbone, et le CO₂ atmosphérique, qui reste donc bien la seule source de C disponible.

6 - Made in Ardericca (6 pts)

61 - D'après la description d'Hérodote, le rhadinacé est un mélange de pétrole et de sel.

62 - À partir du puits, on obtient du bitume, du sel et de l'huile. Dans l'antiquité, le bitume était utilisé pour rendre étanche les coques des bateaux, le sel pour conserver les aliments, et l'huile pour l'éclairage (les fameuses «lampes à huile» que vous pouvez voir dans tous les musées consacrés à l'antiquité).

Ceux qui trouveront qu'il ne s'agit pas là d'une question de SVT doivent réfléchir: les connaissances ne sont pas séparées en catégories distinctes, l'ensemble fait partie d'une culture que vous devez intégrer pour apprendre à réfléchir et à agir de façon rationnelle...

63 - L'origine du sel remonté avec le pétrole est assez facile à trouver: le pétrole se forme à la suite d'une longue sédimentation planctonique en milieu marin. Cette sédimentation n'est pas pour autant régulière, en ce sens qu'elle peut s'interrompre périodiquement, et les régions marines où elle se produisent s'assèchent alors. Qu'est-ce qui se dépose lorsque la mer s'assèche? Du sel, comme tous les marais salants vous le démontrent... Le sel constitue donc une couche sédimentaire par-dessus celle qui donnera le pétrole, et il peut se retrouver enfoui à son tour sous d'autres matériaux (comment croyez-vous que se soient formées les «mines de sel»?).

Le sel et le pétrole résultant tous deux de dépôts se produisant dans le même environnement, il n'est donc pas rare, ni surprenant, de trouver ces deux roches associées.

7 - L'or rance d'Arabie (8 pts)

71 - Les régions pétrolifères du moyen orient sont, d'après les données fournies, une «ancienne marge continentale d'un ancien océan aujourd'hui refermé. La sédimentation peu profonde a été quasi continue du Permien jusqu'au milieu du tertiaire.»

Donc, dans cette région, une sédimentation marine en eau peu profonde a pu se poursuivre pendant une très longue durée.

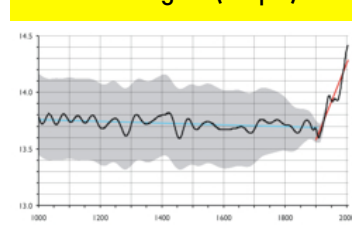
Comme vous l'avez vérifié, entre le permien et le milieu de l'époque tertiaire se sont écoulés la bagatelle de 300 millions d'années environ. Pendant tout ce temps, on était en eau peu profonde, donc avec de la lumière dans l'eau, situation profitable à la croissance du plancton végétal. Ce plancton a pu sédimenter à l'abri du dioxygène pendant 300 millions d'années, enseveli périodiquement sous des couches de sédiments, formant ainsi d'immenses gisements de kérogène, puisque la fermeture progressive de l'océan (hé oui, il ne faut pas oublier votre cour de quatrième...) a pu enfoncer progressivement ces sédiments, les recouvrir et les compresser pour les amener aux températures et pression propres à la formation du pétrole (voir graphe p. 70).

De plus, on nous précise qu'«aucune érosion n'a permis la fuite des hydrocarbures» et que les «roches couvertures» sont restées «imperméables». Le pétrole, une fois formé, a donc pu se concentrer sans arriver à la surface, ce qui lui a évité de se dégrader (en donnant du bitume, par exemple).

Cette suite de longue sédimentation, d'enfouissement et de conservation explique donc la présence d'importants gisements de pétrole dans cette région.

72 - Dans les «bassins deltaïques», les grands fleuves rejoignent l'océan. Dans l'océan, il y a du plancton. Dans les grands fleuves, il y a des sédiments. Les sédiments peuvent donc recouvrir le plancton mort, le mettant à l'abri du dioxygène. Comme les fleuves coulent pendant de très longues périodes, ils apportent une grande quantité de sédiments et, à leur embouchure, peuvent ainsi recouvrir de vastes territoires marins de sédiments. En s'entassant, ces sédiments vont enfoncer les précédents, les amenant à une température et pression favorable à la formation de pétrole. On peut donc espérer trouver d'importants gisements de pétrole au voisinage du delta des grands fleuves.

8 - Mann songe ? (12 pts)

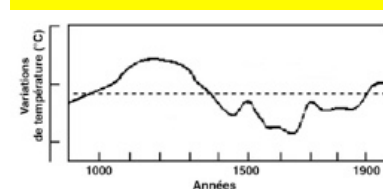


1998: évolution de la température moyenne de l'hémisphère nord (en °C) en fonction du temps:

8-1 D'après ce graphique, la température moyenne de l'hémisphère nord-est restée stable (où à légèrement baissée) pendant 900 ans, entre l'an 1000 et 1900. Durant cette période, il y a eu alternances de périodes de léger refroidissement et réchauffement. À partir de 1900 et jusqu'à 2000, on constate une brusque augmentation de la température moyenne pendant tout le 20^{ème} siècle, augmentation inégale jusqu'ici.

8-2 - Le raisonnement selon lequel le réchauffement climatique du vingtième siècle est lié à une augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO₂ est le suivant: on constate sur le graphique ci-dessus une augmentation de la température au 20^{ème} siècle. Or, le graphique décrivant l'évolution de la quantité de CO₂ atmosphérique pendant 100 ans (p 83) montre que se produit en même temps, et sur la même période, une augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO₂. Il est donc facile, sachant que le CO₂ est un gaz qui est à l'origine d'un effet de serre réchauffant le planète, de conclure que l'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère est responsable de l'augmentation de la température moyenne de l'hémisphère N.

8-3

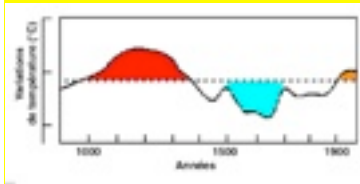


Graphe de 1995.

831 D'après ce graphique, la température de l'hémisphère nord a beaucoup variée en 1000 ans. De 1100 à 1300, la température était élevée, plus qu'actuellement (les spécialistes

parlent de «période chaude du moyen-âge) puis autour de 1600, il s'est produit une chute importante des températures (les spécialistes parlent de «petit âge glaciaire»). Les températures remontent à partir de 1650 environ puis se stabilisent en dessous de la moyenne pendant 200 ans environ avant de remonter à partir de 1850 et d'atteindre un palier actuel, où la température reste inférieure à celle du moyen-âge.

832 - Le graphe de la question 81 montre une température



stable augmentant brusquement au vingtième siècle. Le graphe de la question 83 montre une température variable au cours du dernier millénaire, chaude au moyen âge, puis froide, et

augmentant dernièrement (zones rouge, bleu puis orange sur le graphe ci-dessus).

Les principales différences sont donc l'existence de ces périodes historiques chaudes et froides, qui n'apparaissent pas sur le graphe de 1998.

833 Dans cette question, on vous demande de formuler une hypothèse. Il existe donc plusieurs «bonnes» réponses, ou plutôt plusieurs réponses acceptables, même si elles ne correspondent pas pour autant à la réalité: il vous suffit de montrer ici vos capacités de réflexion critique.

Plusieurs hypothèses permettent d'expliquer les différences entre les deux graphiques:

- la plus simple est de proposer que le graphique le plus ancien soit erroné, et que le graphique le plus récent (1998) le remplace, et soit plus précis. Il y a toutefois un problème, puisqu'on est sûr, de par des témoignages historiques (ainsi, d'ailleurs, que des traces analysables) de l'existence des périodes chaude et froide apparaissant sur le graphique de 1995.
- Une autre hypothèse est que le second graphe, de 1998, est erroné: visiblement, il est au moins partiellement faux pour la période historique, puisqu'il ne voit aucune période chaude ou froide. Peut-être que les cernes de croissance des arbres ne sont pas des indices fiables de la température dans le passé au-delà d'un siècle, ou moins...



La troisième hypothèse est dérangeante, mais il faut en parler dans la réalité de la démarche scientifique: c'est la possibilité d'une erreur plus ou moins volontaire. Le premier graphe est «historiquement» prouvé dans ses grandes lignes, mais le second, par exemple, pourrait-il avoir été, plus ou moins volontairement, truqué ?

Il est apparu que cette hypothèse était correcte: M. Mann a utilisé, pour construire son graphe, un programme informatique qui «sélectionnait» les données (il devait faire automatiquement, à grande échelle, ce que vous faites en physique lorsque vous construisez un graphe et que vous avez un point qui visiblement est mal placé, à cause d'une erreur de mesure par exemple: vous négligez alors ce point, ce qui est logique...). Or, une autre équipe de scientifiques a découvert qu'en fournissant à ce programme des données (des points) choisies au hasard, on obtenait toujours le même genre de graphique! M. Mann s'est donc trompé. Cela peut arriver à tout scientifique... Il est donc important, en sciences, de recouper diverses sources d'informations pour vérifier les données et les graphes obtenus. A titre d'exemple, le graphe actuel (2007) décrivant l'évolution de la température terrestre moyenne sur 1000 ans est donné au début de la colonne suivante.

84 - Deux types de raisons peuvent expliquer le choix de faire commencer la plupart des graphes en 1850:

- une raison scientifique. C'est à partir de cette date que l'on considère disposer d'enregistrements fiables de la température, ou

de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère, ou de tout autre élément dont on souhaite mesurer l'évolution.

- une raison «politique». En commençant en 1850, on commence au niveau le plus bas de la courbe décrivant l'évolution de la température... dont la croissance récente se trouve donc, de cette façon, mieux mise en valeur.

Évolution de la température terrestre moyenne sur 1000 ans
A 2000-YEAR GLOBAL TEMPERATURE RECONSTRUCTION
BASED ON NON-TREERING PROXIES



9 - Ô sol, mi-eau... (7 pts)

Sédiments se déversant dans le golfe du Mexique quelques heures après le passage de la tempête tropicale Ida.



9-1 La photographie montre bien que les pluies de la tempête tropicale ont amené dans les cours d'eau, puis dans l'océan, d'importantes quantités de sédiments. D'où viennent-ils ? Tout

simplement des sols de la région, ce qui signifie qu'une partie de ces sols a été «lessivée», qu'une partie de l'humus a été emporté et va se retrouver déposée au fond du golfe du Mexique. Les sols ainsi emportés dont endommagés. S'ils ne se reforment pas plus vite qu'ils ne s'érodent, ils peuvent même être détruits.

9-2 Il n'est pas difficile de proposer une hypothèse expliquant la croissance explosive de la population de phytoplancton après cet apport de sédiments si l'on pense que le phytoplancton, comme son nom l'indique (phyto=plante), est constitué de végétaux microscopiques, qui se nourrissent donc en utilisant les sels minéraux présents dans l'eau: les sédiments apportent dans l'eau une grande quantité de sels minéraux, et ces sels jouent le rôle de fertilisant, d'engrais qui accélère la croissance et la reproduction des végétaux constituant le phytoplancton.

9-3 Les dépôts sédimentaires du golfe du Mexique sont favorables à la formation de kérogène conduisant au pétrole, car ils apportent en même temps des sédiments et causent une prolifération de phytoplanctons. Une fois mort, le phytoplancton va se déposer sur le fond en grande quantité, se trouvant recouvert par les sédiments qui vont le mettre à l'abri du dioxygène. Dans ces conditions, la biomasse de phytoplancton peut se transformer en kérogène qui sera à l'origine de pétrole. Il suffit que l'apport de sédiment soit réalisé pendant plusieurs millions d'années, ce qui est le cas pour les grands fleuves, comme le Mississippi, qui drainent une partie du continent américain depuis plusieurs dizaines de millions d'années. De plus, l'accumulation de sédiments sera à l'origine de l'enfoncement des fonds marins contenant le kérogène vers des profondeurs où la température et la pression seront favorables à la formation de Pétrole.

La région du golfe du Mexique contient effectivement de nombreux gisements pétroliers, c'est même la première région où les plates-formes de forage ont été développées. Il y a actuellement

3858 plates-formes de forage dans cette région (!) Cela ne va pas sans risques, à la fois pour les employés travaillant sur les plates formes, pour les compagnies qui les exploitent et pour l'environnement: un accident survenu le 20 avril 2010 sur la plate-forme pétrolière Deep water horizon a été à l'origine d'une gigantesque fuite de pétrole (marée noire) qui n'a pu être stoppée que le 19 septembre 2010.

Ci-dessous: carte de la répartition des 3858 plates-formes de forage pétrolières du golfe du Mexique - document NOAA.



10 - Le poumon vous dit-je, le poumon... (6 pts)

10-1 Il y a plusieurs raisons pour lesquelles la forêt amazonienne n'est pas le «poumon» de la planète. Une seule vous permettrait de répondre à la question.

- La plus évidente est qu'un poumon est un organe qui absorbe le dioxygène et émet du dioxyde de carbone. Or, ceux qui prétendent que la forêt amazonienne est le poumon de la planète suggèrent l'effet inverse: l'absorption du CO₂ et la production d'O₂.
- Une forêt qui n'est plus en croissance produit autant de O₂ qu'elle en consomme: il ne faut pas oublier qu'en même temps qu'ils effectuent la photosynthèse, les végétaux respirent (souvenez-vous du chapitre 2: leurs cellules possèdent des mitochondries, elles réalisent le métabolisme de la respiration). Il en résulte que, pendant la nuit, les végétaux de l'Amazonie consomment le dioxygène qu'ils ont produit pendant le jour. Même s'ils ne consomment pas tout, le processus de pourrissement du bois mort, réalisé par des champignons et des bactéries qui respirent, eux, revient à équilibrer production et consommation de dioxygène. (c'est ainsi qu'un champ de maïs, par exemple, produit bien plus de dioxygène pendant sa croissance, en incorpore bien plus de CO₂, que la même surface de forêt, fut elle amazonienne....)

10-2 Cette erreur sur le «rôle» de cette forêt ne diminue pas l'intérêt de protéger cet environnement, mais pour d'autres raisons que le dioxygène et le CO₂ atmosphériques.

En premier lieu, la forêt amazonienne constitue un environnement extrêmement riche et diversifié, abritant une biodiversité remarquable. La destruction irréfléchie de ce milieu entraînera la disparition de nombre d'espèces de plantes, d'animaux, de bactéries et de champignons. Outre l'intérêt éthique de cette démarche, il se pourrait que certaines espèces fabriquent des molécules utiles aux humains (c'est ainsi que la cyclosporine, par exemple; molécule ayant permis la généralisation des greffes en diminuant fortement les réactions des rejets, a été découverte chez un champignon microscopique, *Tolypocladium inflatum*, vivant dans le sol norvégien...).

Un autre intérêt de la protection de cette forêt est lié au climat local: la forêt amazonienne libère dans l'atmosphère d'énorme quantité de vapeur d'eau, puisée dans le sol par les racines, et influence donc fortement le climat local, la pluviosité et la formation de nuages.

Cet environnement se doit donc d'être protégé, totalement dans certains endroits (création de «réserves») et exploité de façon rationnelle et prudente dans d'autres secteurs (car il faut aussi prendre en compte les besoins et les aspirations des populations locales!).