



## LES CHANGEMENTS DE CLIMAT AU COURS DES SIECLES

Anne Juillet-Leclerc

Mardi 17 octobre 1989

Mardi 17 octobre 1989, Anne Juillet-Leclerc, chargée de recherche au C.N.R.S. au centre des faibles radioactivités de Gif-sur-Yvette, nous a parlé des **changements de climat au cours des siècles**.

### ETUDE DES VARIATIONS CLIMATIQUES DANS LE "PASSE PROCHE" (QUELQUES MILLIERS D'ANNEES) -

#### 1 - Les différentes méthodes utilisées :

##### a - Les techniques géologiques :

Ces techniques sont les plus anciennes. Le développement de glaciers s'accompagne de la formation de moraines. La **figure A** nous montre le massif de la Faye (dans le Jura), dans son état actuel. Les petits **schémas A1, A2, A3**, expliquent l'évolution du glacier. Jusqu'à il y a 18 000 ans (A1)(grottes de Lascaux), les glaciers étaient très développés et poussaient devant eux les moraines (M1, M'2) (Lyon). Puis le climat s'est réchauffé, le glacier s'est lentement retiré et une deuxième série de moraines (A2) s'est développée. Au troisième stade (A3), le glacier s'est retiré encore davantage et d'autres moraines sont apparues.

##### b - L'utilisation des pollens :

Les pollens ont un aspect différent suivant les espèces considérées. On creuse dans le sédiment et l'on recueille une "carotte" de sédiments. Les minéraux ainsi que tout ce qui reste de matière organique vont être éliminés, sauf les pollens qui heureusement sont très résistants. Les pollens sont ensuite triés et reconnus comme appartenant à telle ou telle espèce.

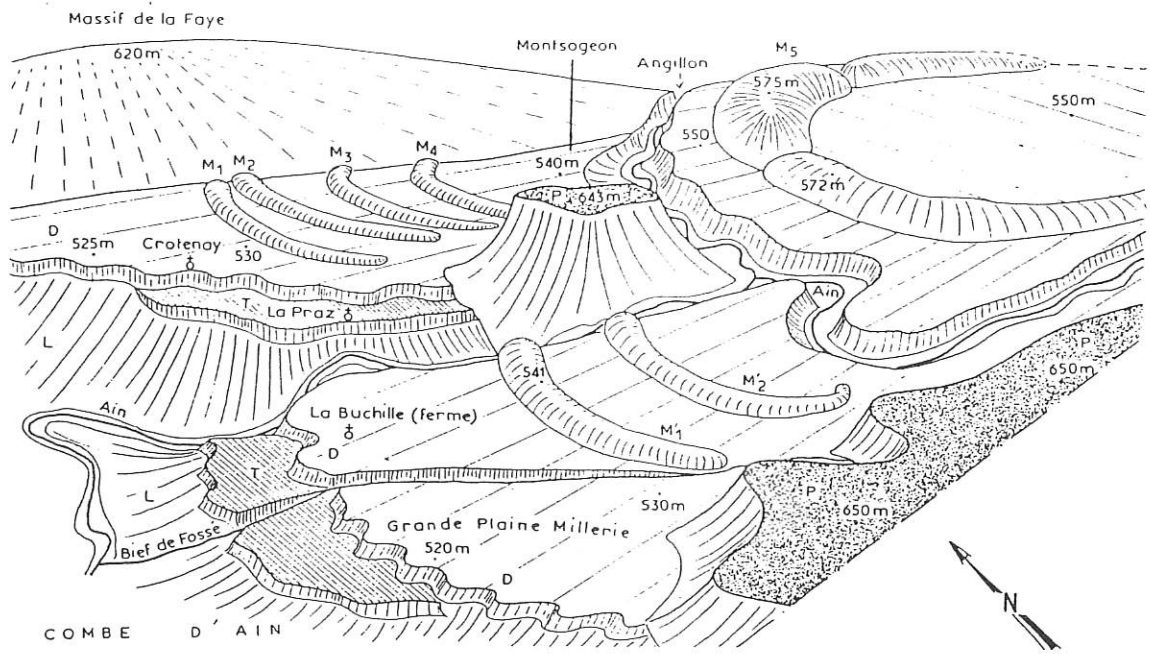
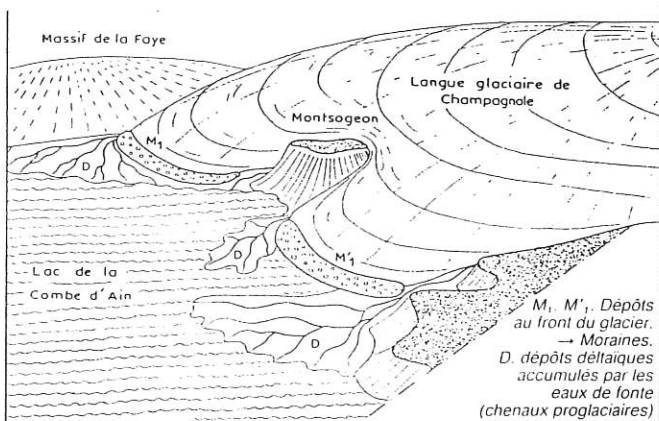
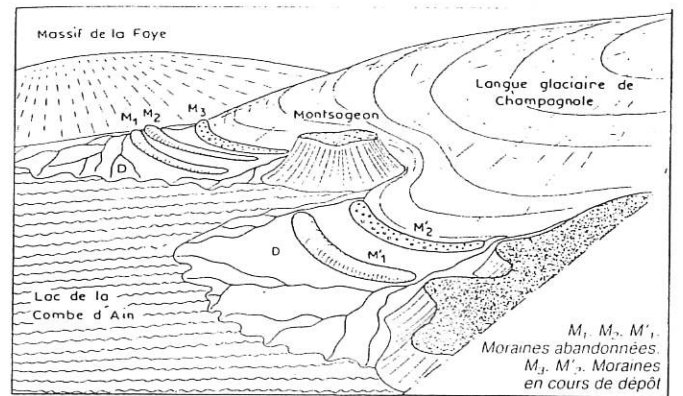


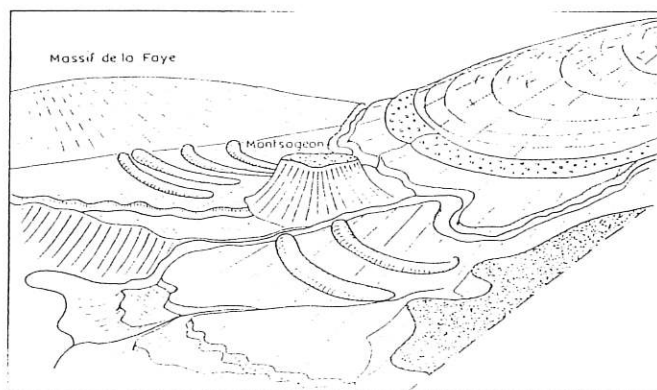
Figure A



A1



A2



A3

### Le principe de l'actualisme :

On part du principe que les associations de pollens que l'on rencontre au cours du temps (quelques centaines de milliers d'années) correspondent à des environnements déterminés tels qu'on les connaît actuellement.

Ainsi, à partir de ces pollens on reconstitue le paysage qui existait à chaque niveau de la carotte de sédiments, la température, la pluviosité et les vents.

Le **schéma B** nous montre une interprétation. Au centre se trouvent les sols que l'on rencontre pendant les périodes glaciaires (succession de gels et dégels). Pendant les périodes glaciaires, dans la partie nord de l'Europe on pouvait trouver une végétation assez clairsemée, avec peu d'arbres (comparable sans doute à la Taïga sibérienne), alors qu'au sud on pouvait trouver une sorte de steppe avec des arbres bas. Dans la période dite interglaciaire, c'est-à-dire "chaude" on passe à des forêts de bouleaux dans la partie méditerranéenne, et à des pins plus au nord. Quand la période "chaude" se sera bien installée, une forêt basse avec des chênes se développe près de la Méditerranée, et une forêt mésophile (chênes, noisetiers, pins, sapins, épicéas) plus au nord...

On utilise l'étude des fossiles dans les milieux lacustres.

### c - Les méthodes isotopiques :

La méthode : un même atome peut exister sous forme d'éléments possédant des masses différentes et très voisines.

On compte trois isotopes pour l'oxygène :

$^{16}_0$  que l'on trouve en plus grande quantité dans l'air

$^{17}_0$

$^{18}_0$

La mesure utilisée est celle du rapport  $^{18}_0/^{16}_0$  qui est intimement liée à la température des lieux où ont vécu les foraminifères. Des foraminifères sont prélevés à partir de sédiments marins par carottage à différentes profondeurs. ils sont triés en espèces :

- foraminifères planctoniques qui vivent en surface.
- foraminifères qui vivent en profondeur.

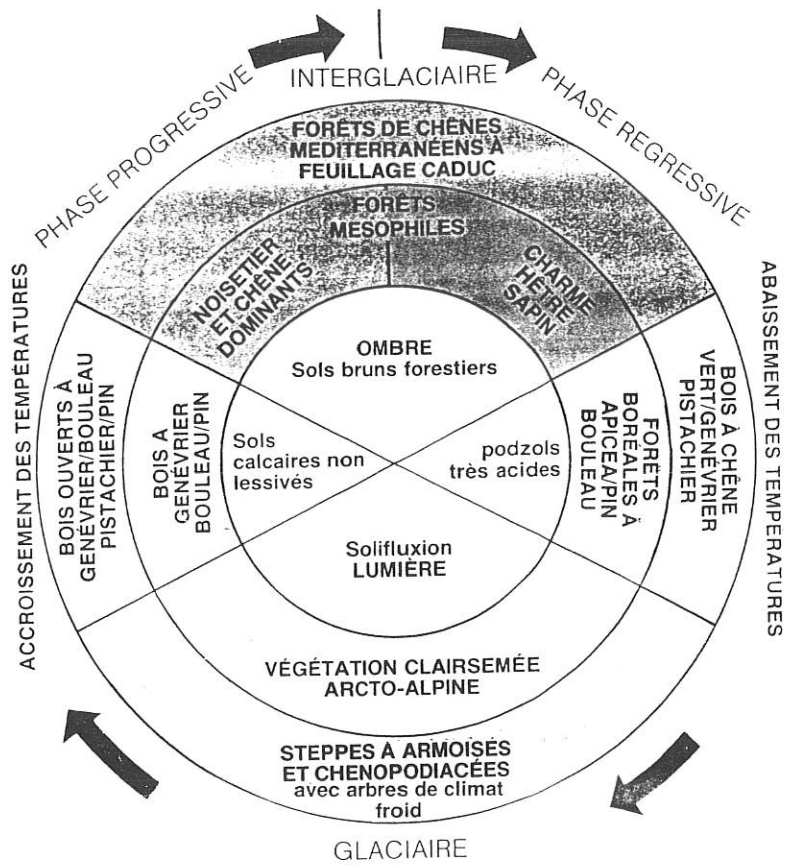
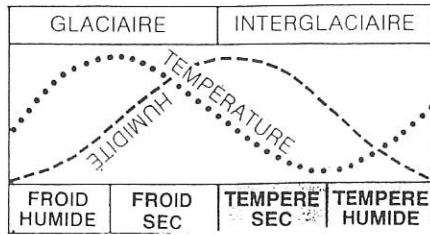


Figure B

Le meilleur endroit pour trouver des enregistrements continus de tout phénomène terrestre est le fond des océans. Dans les sédiments des grands fonds s'accumulent en fonction du temps d'une part, tous les produits d'érosion continentale ( y compris les polluants venant de l'activité humaine) et, d'autre part, la production interne aux océans représentée pour ce qui nous intéresse par les squelettes calcaires de petits organismes, les foraminifères.

L'une des caractéristiques physico-chimiques de ces composés carbonés marins est que l'oxygène qu'ils contiennent, formé essentiellement de deux isotopes principaux, l'oxygène 18 et l'oxygène 16, présente des rapports entre ces deux isotopes qui reflètent à la fois la température et la composition isotopique des eaux dans lesquelles ils se sont formés.

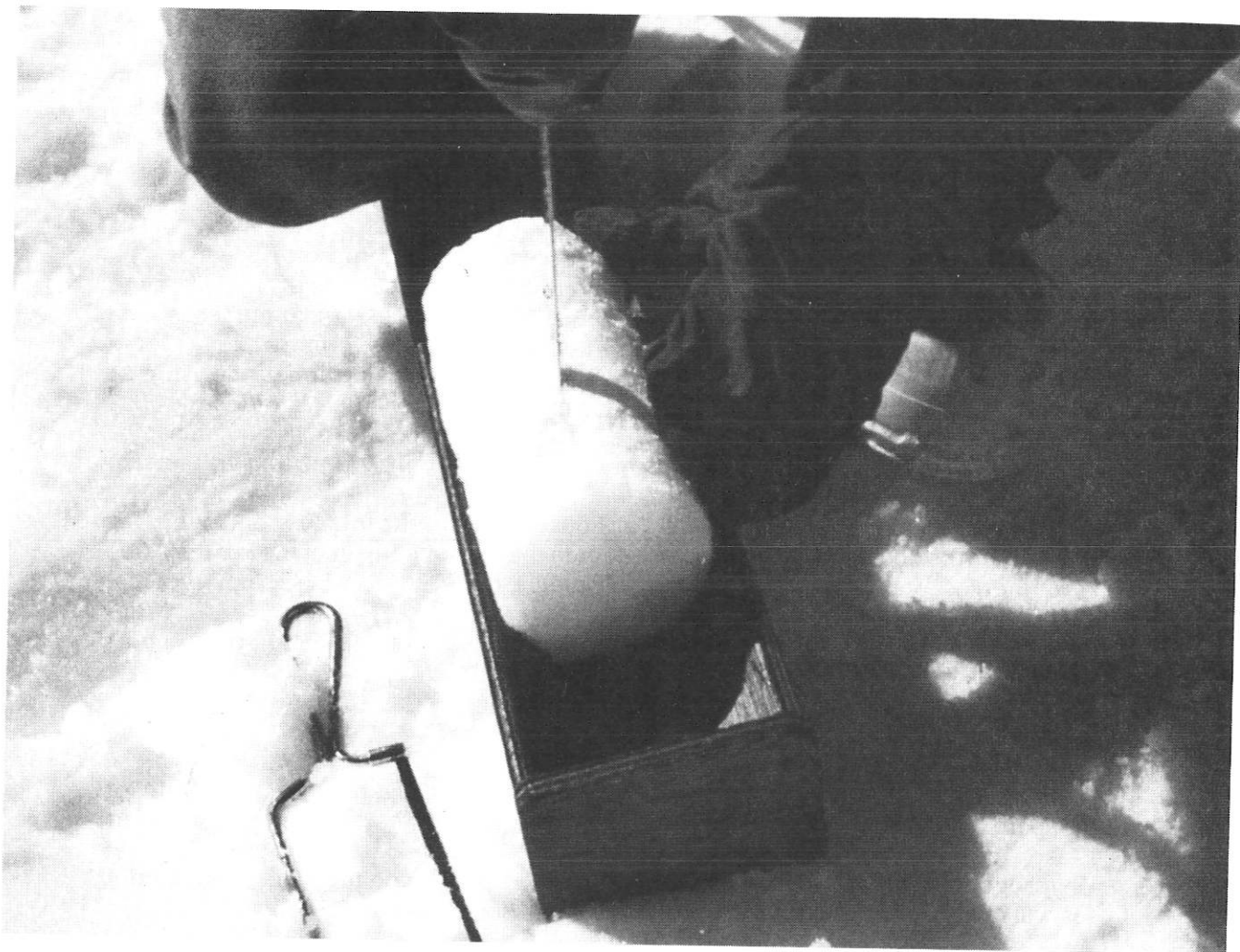
C'est vers les années 60 que les paléoclimatologistes ont pu montrer qu'en mesurant régulièrement en fonction de la profondeur, donc en fonction de l'âge, la composition isotopique des foraminifères, on obtenait une courbe représentant en fait les variations climatiques. Cette courbe montre des alternances assez régulières de périodes de climat chaud, et donc de hauts niveaux marins, et de périodes froides de bas niveaux marins, avec des périodicités d'environ 100 000 à 41 000 ans, et ce depuis le début de l'ère quaternaire, soit environ 2 millions d'années.

Dans la partie de la courbe représentant les périodes les plus récentes, on retrouve les périodes de hauts niveaux marins de 120 000 ( +6 mètres par rapport au niveau actuel ) et 6 000 ans (+2 à 3 mètres) encadrant le bas niveau marin de 18 000 ans (-120 mètres = 1 cm/an) telles qu'elles ont été déterminées par datation directe des coraux puis des plages fossiles.

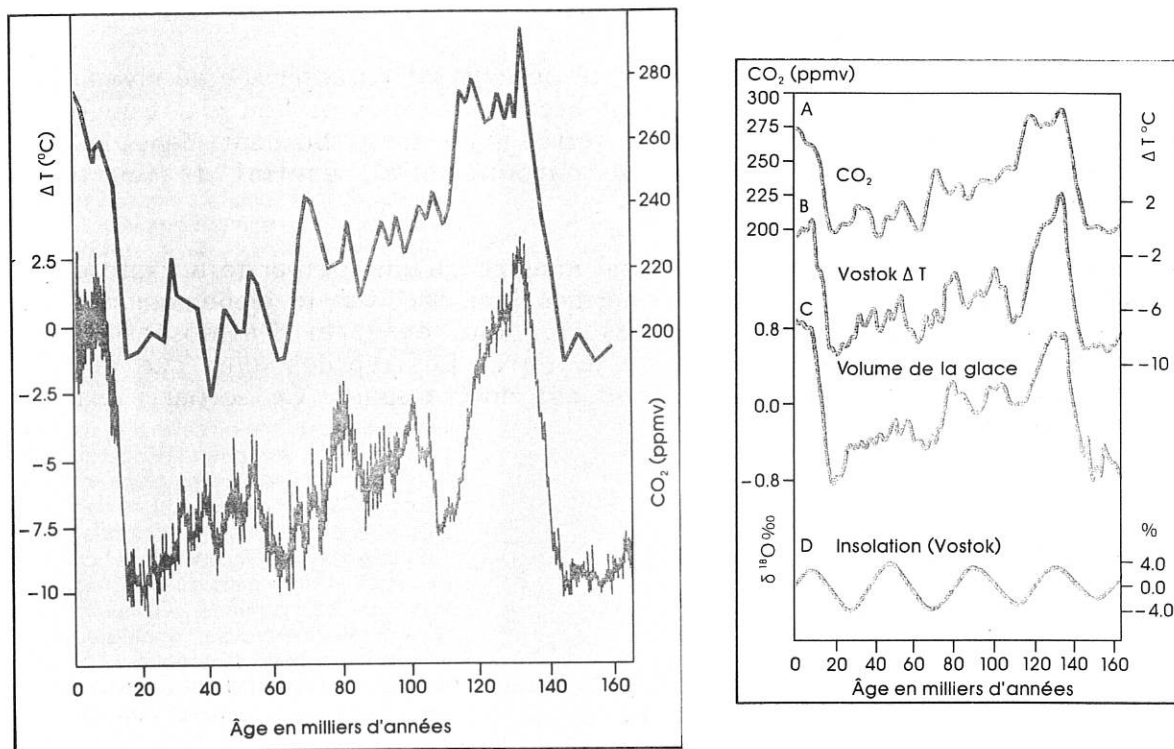
#### **d- L'étude de la glace :**

Des études menées sur des forages de glace du Groenland et du pôle sud, en utilisant là encore les propriétés de fractionnement isotopique entre les isotopes lourds et légers de l'oxygène et de l'hydrogène, ont montré des courbes totalement analogues qui reflétaient les variations de température de formation de la glace.

Les échelles de temps concernées sont de l'ordre d'au moins 10 000 à 20 000 ans. Cependant, des études de plus en plus fines, essentiellement sur les périodes de transitions, ont permis de montrer que certaines modifications pouvaient se faire de façon très perceptible en moins de 100 ans, c'est à dire à l'échelle humaine.



Entre -15 000 et -9 000 ans, période de déglaciation, le niveau de la mer a remonté de 2 mètres par 100 ans. Par conséquent, de façon naturelle, on constate que sur un fond général qui peut sembler stable à l'échelle humaine, se surimposent des périodes de déchaînement des éléments dont les hommes peuvent être non seulement des témoins mais aussi des victimes (**figure C**).



#### e - Les datations :

Depuis trois décennies, des recherches se sont développées dans les laboratoires du monde entier pour répondre à ces besoins de dates nombreuses, précises et portant sur une gamme étendue de matériaux. Plus d'une dizaine de techniques différentes permettent de placer de nouveaux jalons chronologiques aussi bien pour les époques les plus reculées (du milliard d'années au million d'années), que pour les périodes en deçà du million d'années : le carbone 14, d'autres éléments radioactifs, la thermoluminescence ( TL ), la magnétostatigraphie...

Il y a un très bon accord entre les calculs astronomiques et les calculs de datations, l'étude de la glace, des pollens...

## CE QUE L'ON PEUT SAVOIR DU PASSE (QUELQUES MILLIONS D'ANNEES )

### Disparition des grands reptiles

Elle a eu lieu il y a environ 60 millions d'années (entre le crétacé et le tertiaire).

La **figure D** nous montre ces reptiles. Ils ont pu être reconstitués grâce aux fossiles retrouvés.

On s'est aperçu que cette période est caractérisée au niveau du sol par l'argile. Ces sédiments ont été très étudiés et l'on y a trouvé de l'iridium, élément rare sur la terre mais très abondant dans les météorites. Au même moment, le carbone suie, résultat de feu a également augmenté.

Les chercheurs ont donc imaginé qu'une météorite a explosé sur la terre, ce qui a provoqué d'énormes feux sur tout le globe, qui ont eux-mêmes envoyé des particules qui ont obscurci l'atmosphère, empêchant ainsi l'ensoleillement de la terre. Les reptiles ainsi que des animaux marins non adaptés au froid ont donc disparu. Ce scénario est actuellement le plus répandu.

## ET LE PRESENT?

### El niño

C'est une énorme vague d'eau chaude qui prend naissance dans la partie ouest de l'océan Pacifique et qui avance jusqu'à venir lécher les côtes de l'Amérique du Sud et du Nord.

Dans les années 1972, au large du Pérou où les eaux étaient froides et où abondaient les poissons, survint cette eau chaude. Or le Pérou à cette époque avait investi beaucoup d'argent dans les fermes de poissons et en particulier d'anchois. Les poissons périrent et ce fut une catastrophe économique pour ce pays.

On n'a pas encore compris ce phénomène. Mais son ampleur est très variable d'une année à l'autre et, en 1982 par exemple, l'élévation de température des eaux fut telle que tous les poissons moururent sur place et, en pourrissant dégagèrent de grandes quantités d'hydrogène sulfuré; puis le phénomène de pluviosité s'amplifia et toute la côte jusqu'en Californie fut soumise à des tempêtes. Simultanément le climat d'une grande partie de la planète fut perturbé et, par exemple, en Australie et en Indonésie, ce fut une année de sécheresse exceptionnelle.



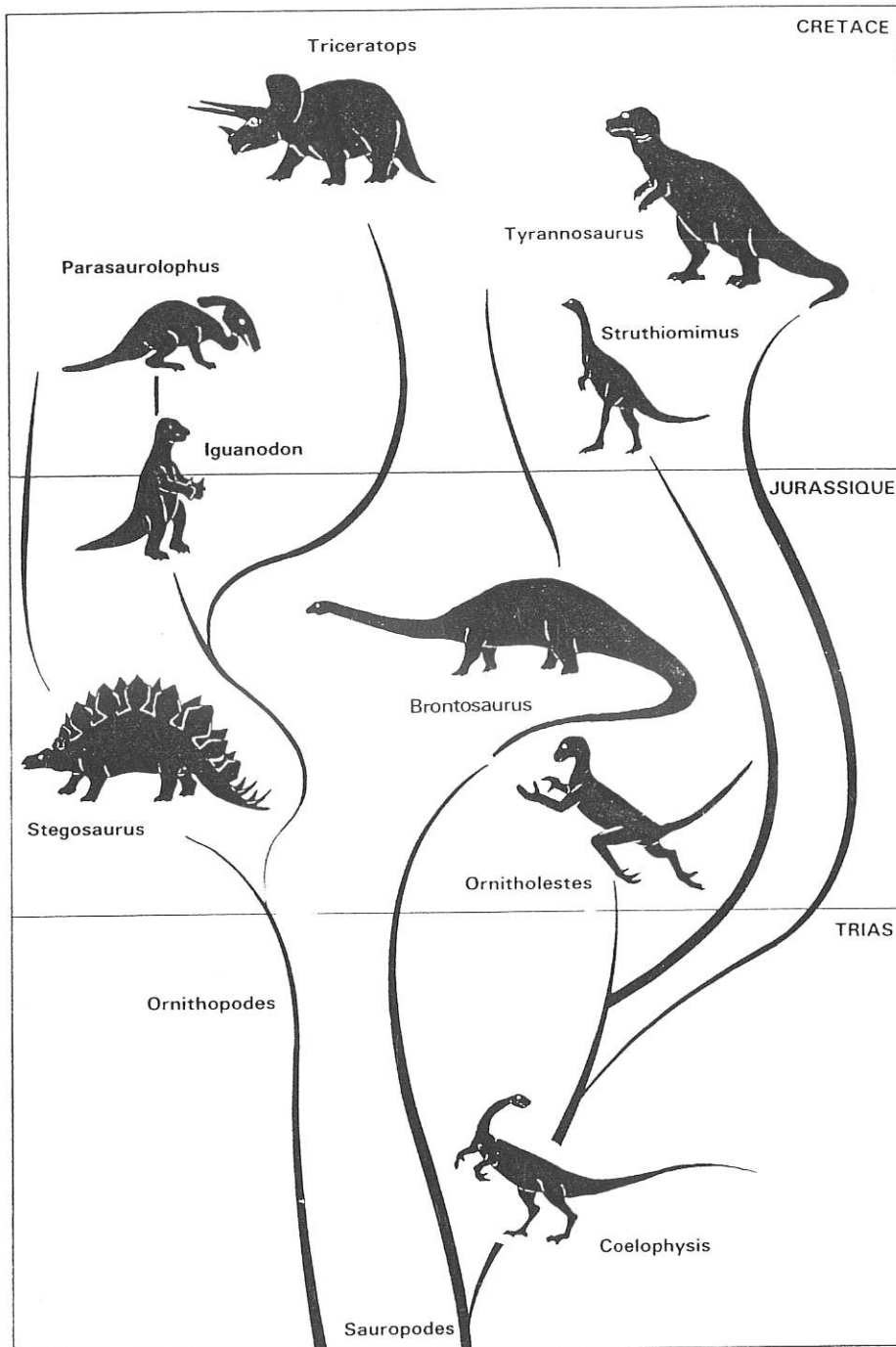


Figure D

Effet de serre ( voir conférence du 16 mai 1989 : disparition de la couche d'ozone.)

Le rayonnement solaire, avant d'arriver sur terre, parcourt un long trajet au cours duquel il peut subir des modifications.

Il doit traverser l'atmosphère. Or cette atmosphère n'est pas inerte vis-à-vis du rayonnement solaire, et cela n'est pas dû à ses composantes majeures, mais bien plutôt à ses composants en trace. Dans la partie haute de l'atmosphère, la stratosphère, l'ozone filtre la partie ultraviolette du spectre solaire et, dans sa partie basse, la troposphère dans laquelle nous vivons, la vapeur d'eau, le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), le méthane et l'ozone absorbent le rayonnement infrarouge réémis par le sol, ce qui permet à la terre dans les conditions naturelles, de ne pas subir de trop grandes variations de températures; c'est ce que l'on a appelé **l'effet de serre**.

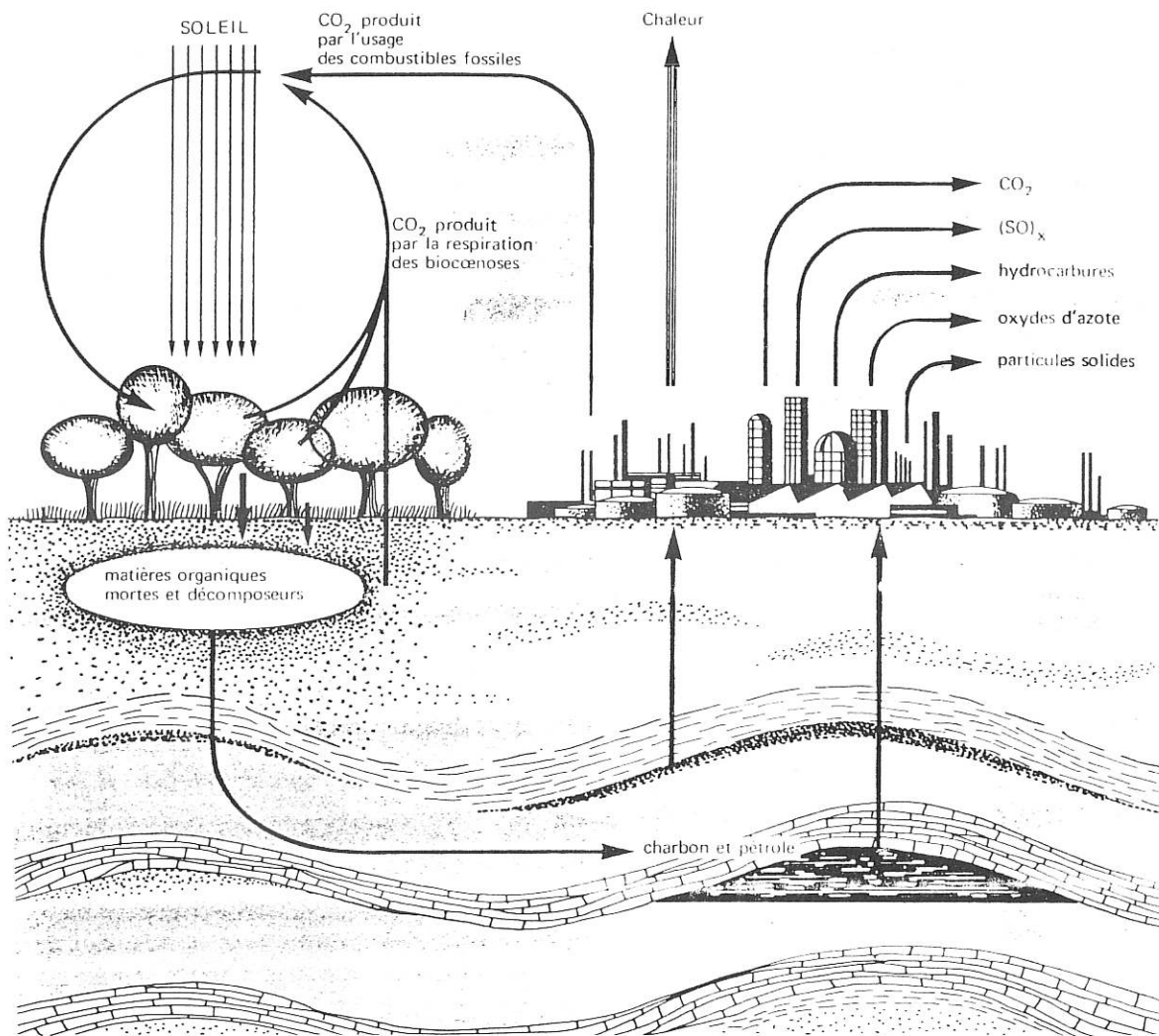
Si l'on diminuait de façon globale la teneur en ozone de la stratosphère, le rayonnement solaire arrivant à terre serait plus riche en ultraviolets.

Si l'on tient compte de l'ensemble des gaz en trace, au rythme actuel, l'effet de serre sera 2 fois plus grand vers 2030-2100 qu'en 1950, et on pourrait s'attendre à une augmentation de la température moyenne du globe de 2°C à 4°C. Pourtant ce n'est pas tant l'augmentation moyenne qui doit être prise en compte, mais les endroits sensibles où cette augmentation se manifesterait le plus, car elle serait plus importante aux hautes latitudes et moindre aux basses latitudes.

Elle conduirait à la fonte des glaciers de montagne et à l'élévation du niveau de la mer que l'on estime à 60 cm.

Une telle augmentation rapide avait déjà eu lieu il y a quelque 6 000 ans, mais à cette époque, l'homme était essentiellement nomade, et simplement reculait lorsque la mer avançait. Or l'homme moderne ayant concentré la plus grande partie de son industrie et de ses villes au voisinage des côtes, une modification de cette répartition n'est possible que si le phénomène se passe suffisamment lentement et, de toute façon serait économiquement catastrophique. Par ailleurs, il est probable que les grandes zones agricoles productrices de céréales verraient leur rendement diminuer à un rythme trop rapide pour qu'un nouvel équilibre puisse être trouvé.

Passionnante conférence prononcée par Anne Juillet Leclerc. Nous espérons qu'elle reviendra pour nous parler des changements de climat dans un passé plus proche.



POLLUTION ATMOSPHERIQUE

En guise de conclusion :

"Il y a toujours un côté du mur à l'ombre" (G.Bécaud).

Donc il y a toujours un côté du mur au soleil.

Pourquoi évoquer uniquement les aspects négatifs des modifications éventuelles des climats à la surface de la Terre, que ces modifications soient ou non dues à l'action de l'homme ?

Pourquoi ne pas penser à la fertilisation des étendues sibériennes et canadiennes, à la libération des terres du continent antarctique que pourrait entraîner un réchauffement de l'atmosphère ?

Un réchauffement n'a-t-il pas, depuis Lascaux, dégagé les plaines de Brie, de Beauce, d'Ukraine, du Manitoba, sans conséquences "catastrophiques". Plaines accessibles à l'homme et utilisées par lui, comme dans les mêmes lieux étaient cachées, mais ouvertes à son ingéniosité, les mines de charbon du Nord de l'Europe et les mines de fer ?

Pourquoi également ne pas faire confiance aux qualités d'adaptation de l'homme, les pompes et les moulins à vent ont bien maintenu depuis plusieurs siècles, la Mer de Nord quelques mètres au-dessus des Pays-Bas ; les Israéliens ont bien fait reculer le Désert du Neguev ?

Pourquoi, lors des "carottages" ne pas tenir compte du rôle éventuel des conséquences de la dérive des continents ?

E.B.

## CYCLES DES PERIODES CHAUDES ET FROIDES AUX EPOQUES HISTORIQUES

