

Annexe 4 : Déterminer la composition de l'atmosphère passée

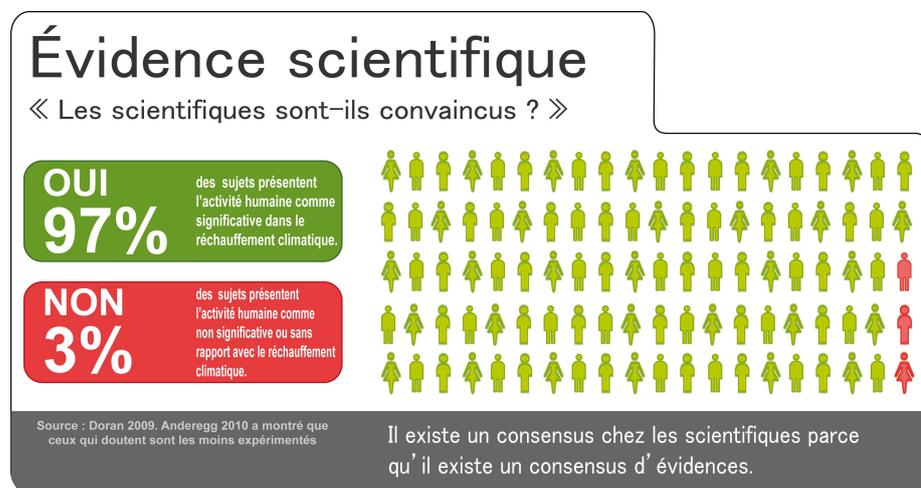
Nous savons que depuis la révolution industrielle, les activités humaines libèrent dans l'atmosphère une grande quantité de gaz à effet de serre (GES), principalement du CO₂.

Mais, y est-il resté ? Après tout, ce gaz aurait pu s'échapper dans l'espace, se dissoudre dans les océans ou encore être absorbé par les plantes lors de la photosynthèse.

En effet, les émissions de GES ne peuvent être la cause de l'actuel réchauffement climatique qu'à la condition que ces gaz soient restés dans l'atmosphère afin d'interagir avec le rayonnement solaire.

Document 1 : Action de l'Homme sur le réchauffement climatique :

Le fait que l'augmentation très rapide de la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (particulièrement le CO₂) soit à l'origine du réchauffement climatique, est maintenant accepté par la quasi totalité de la communauté scientifique (hormis les climato-sceptiques, qui sont de plus en plus isolés sur la scène internationale).



Mais, à la fin des années 70, cette idée était déjà remise en question par des scientifiques de renom, comme Jacques-Yves Cousteau. **Regarder la vidéo** : <https://www.youtube.com/watch?v=1h9hSxywWZo>
En effet, les relevés de températures sont continus à Paris depuis le 25 mai 1658, mais les premiers capteurs à CO₂ atmosphérique sont très récents (l'observation des niveaux de dioxyde de carbone en Île-de-France date de 1992 à la tour Saint-Jacques) donc les données passées sont inexistantes.

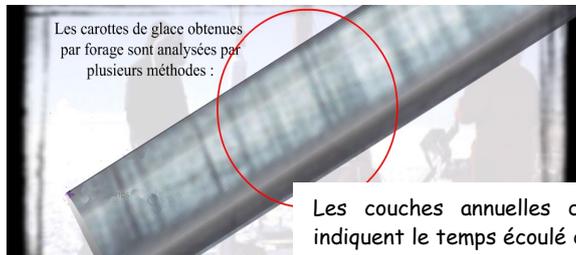
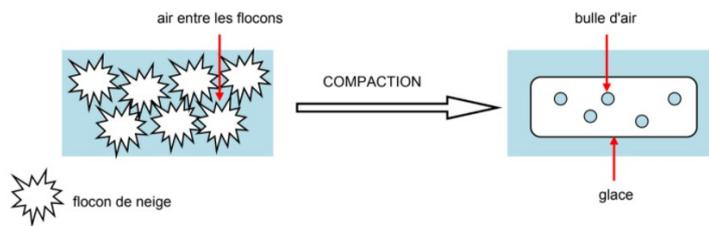
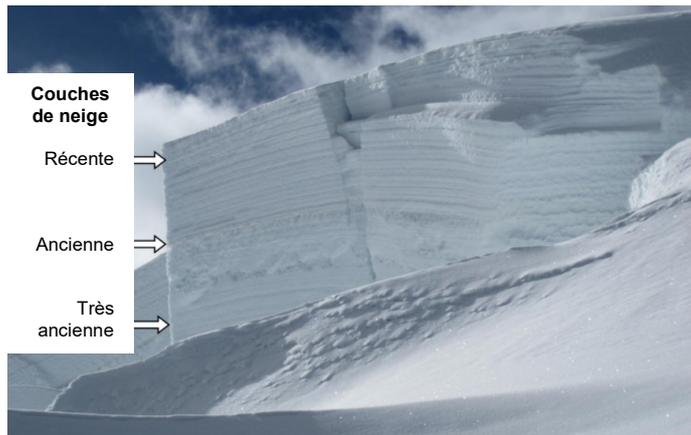
C'est en 1965 que le glaciologue Claude Lorius, qui se trouve en Antarctique pour y prélever des morceaux de la calotte glaciaire sur laquelle se trouve sa base scientifique, a eu l'idée d'analyser les gaz contenus dans les bulles d'air piégés dans la glace.

Comment a-t-il eu cette idée ??

Il décide un jour de se servir un whisky et d'y plonger quelques morceaux de la glace récupérés aux alentours. Des glaçons apparemment similaires à ceux de nos congélateurs à ceci près qu'une fois plongés dans l'alcool, ces glaçons là se mettent à libérer de petites bulles de gaz !

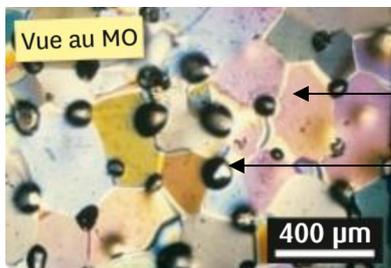
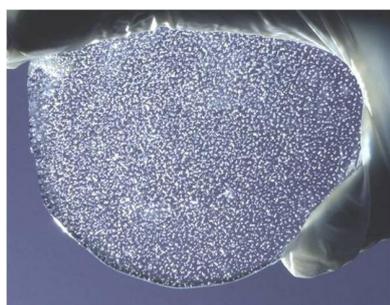
Regarder la vidéo « le secret des glaces » :
https://www.youtube.com/watch?v=-T_OUG-B1Q

Document 2 : Des bulles d'air piégées dans la glace



Les carottes de glace obtenues par forage sont analysées par plusieurs méthodes :

Les couches annuelles de glace indiquent le temps écoulé depuis le dépôt, à l'œil nu elles sont horizontales. Les scientifiques réalisent alors de fines tranches et déterminent le $\delta^{18}O$.

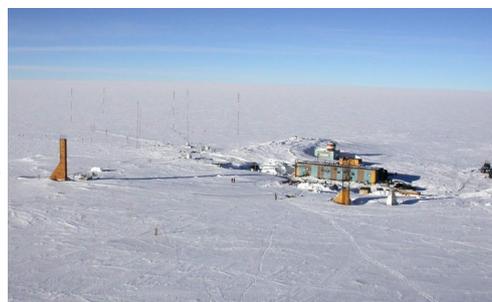
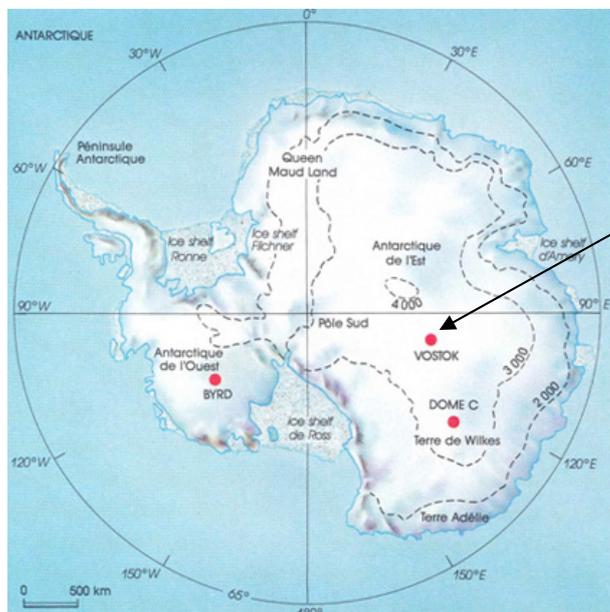


Tranche de glace observée au microscope optique

Cristaux de glace

Bulle d'air

Document 3 : Le forage de Vostok



La base soviétique de Vostok

Située à 3488m d'altitude (c'est ici qu'a été enregistrée a température la plus basse sur Terre $-89,3^{\circ}C$, le 21 juillet 1983)



Stockage des carottes de glace réalisées par les soviétiques (les soviétiques creusaient pour atteindre le socle rocheux afin d'essayer d'en exploiter ses ressources, mais, par chance, ils avaient conservé les carottes de glace)

En Antarctique, l'épaisseur de la glace atteint 4000 mètres. Résultat les couches de glace les plus vieilles ont **plus d'un million d'années**. Ainsi, l'air emprisonné dans la glace qui s'est formée il y a un million d'années est un échantillon de l'air qui existait il y a un million d'années. On peut donc savoir quelle était la teneur de l'air en CO_2 à cette époque.

Au pôle nord, la glace ne mesure que 2 mètres d'épaisseur et se forme par congélation de l'eau de mer sur laquelle elle flotte. On ne peut donc pas l'utiliser pour étudier la composition de l'air du passé.

Document 4 : Analyses des carottes de glace de l'Antarctique

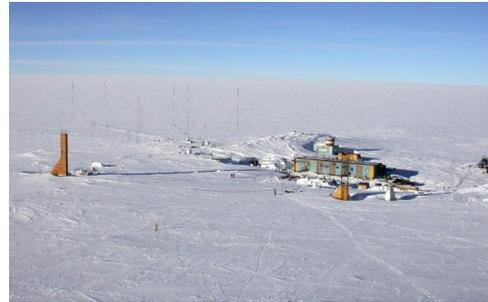
Les glaciologues creusent des trous dans la calotte polaire de l'Antarctique ou du Groenland et récupèrent des carottes de glace renfermant des bulles d'air de toutes les époques depuis un million d'années. Ils mesurent ensuite la teneur en CO₂ dans chaque bulle d'air.

Pour en savoir plus sur les forages de glace, regarder cette vidéo :

https://www.youtube.com/watch?v=4_LkOXmVPV8



Les glaciologues français étudient les Carottes de glace réalisées par les russes (qui réalisaient des forages de prospection)



La base scientifique Russe Vostok



Américains, Soviétiques et Français avec une carotte de glace

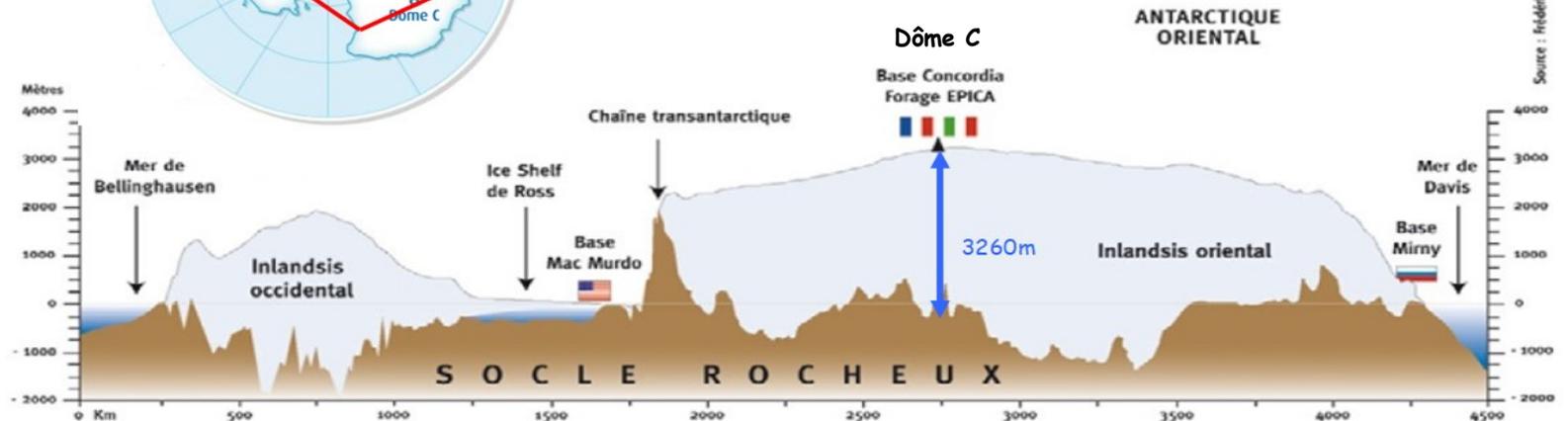
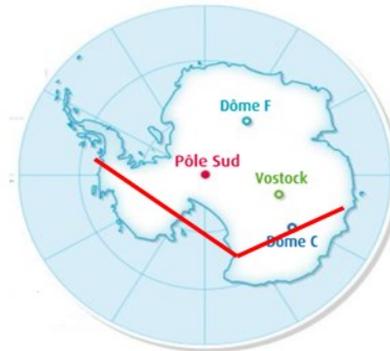
Site de forage	Date de fin de forage	Profondeur du forage	Durée de la période couverte
Vostok	1978	904 m	40 000 ans
	1999	3 623 m *	420 000 ans
Dôme C	2005	3 260 m **	800 000 ans
Dôme A	En projet		> 1 000 000 ans ?

* jusqu'au toit d'un lac sous-glaciaire; ** à quelques mètres du socle rocheux



Carotte de glace extraite dans le cadre du programme EPICA (dôme C, Antarctique)

Ce forage a atteint une profondeur de 3 270,2 m en 2004, soit 8 m au-dessus du socle rocheux. Il a permis de reconstituer 800 000 ans d'histoire du climat. Un nouveau programme de recherche européen appelé Beyond Epica-Oldest Ice (BE-OI) a pour objectif d'extraire des carottes de glace datant de 1,5 millions d'années en Antarctique au niveau du dôme de glace Little Dome C (démarrage du forage en 2021).

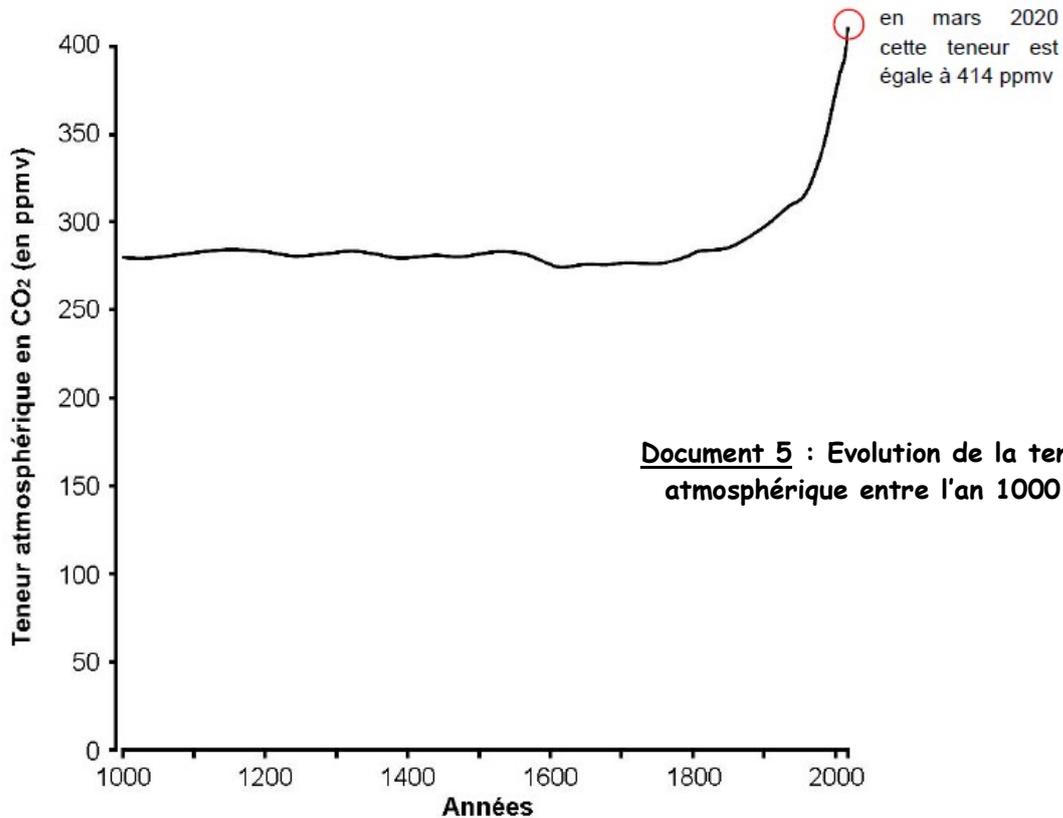


Coupe à travers le continent Antarctique

Les mesures en continu de la teneur en CO_2 atmosphériques ont commencé en 1958 (pôle sud). Avant, les données sont obtenues par l'étude des bulles d'air contenues dans les glaces.

L'unité « ppmv » signifie « parties par million en volume ». Ainsi une teneur de 200ppmv de CO_2 dans l'air signifie que pour 1 million de molécule d'air, il y a 200 molécules de CO_2 .

Voici le résultat des mesures de la teneur en CO_2 de l'air emprisonné dans les couches de glace depuis l'an 1000 :



Document 5 : Evolution de la température depuis l'an 1000

