



Leçon 3 : Le cycle du dioxygène et l'ozone

La notion de cycle biogéochimique

- Réservoir = compartiment du système contenant un stock
- Flux = quantité transférée par unité de temps (entrée ou sortie)

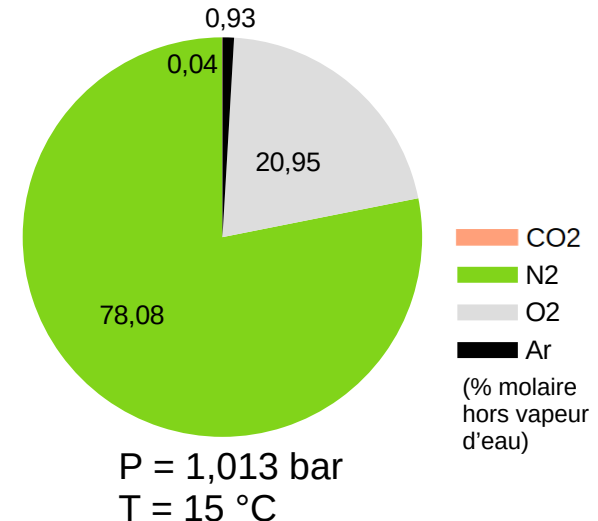
Variation du stock = entrées – sorties

Dioxygène libre	Stock (Gt O ₂)
Atmosphère 20,95 % de l'air sec	$\approx 1,19 \times 10^6$
Océans O ₂ dissous	$\approx 7,3 \times 10^3$

Source

Puits

Atmosphère actuelle



Photosynthèse et respiration

- Bilan photosynthèse oxygénique :



- Bilan respiration aérobie :



- Les cyanobactéries et les plantes respirent aussi :
productivité **brute** $\neq$ productivité **nette**
- Productivité nette, accumulation de MO dans les sols et sédiments, érosion, oxydation, climat, crises biologiques...

Époque	O ₂ de l'air
Cambrien-Ordovicien	≈ 5-10 %
Silurien	≈ 10-15 %
Dévonien	≈ 15-20 %
Carbonifère	≈ 25 %
Permien-Trias	≈ 30-35 %
Jurassique-Crétacé	≈ 25 %
Cénozoïque	≈ 21-23 %
Actuellement	20,95 %

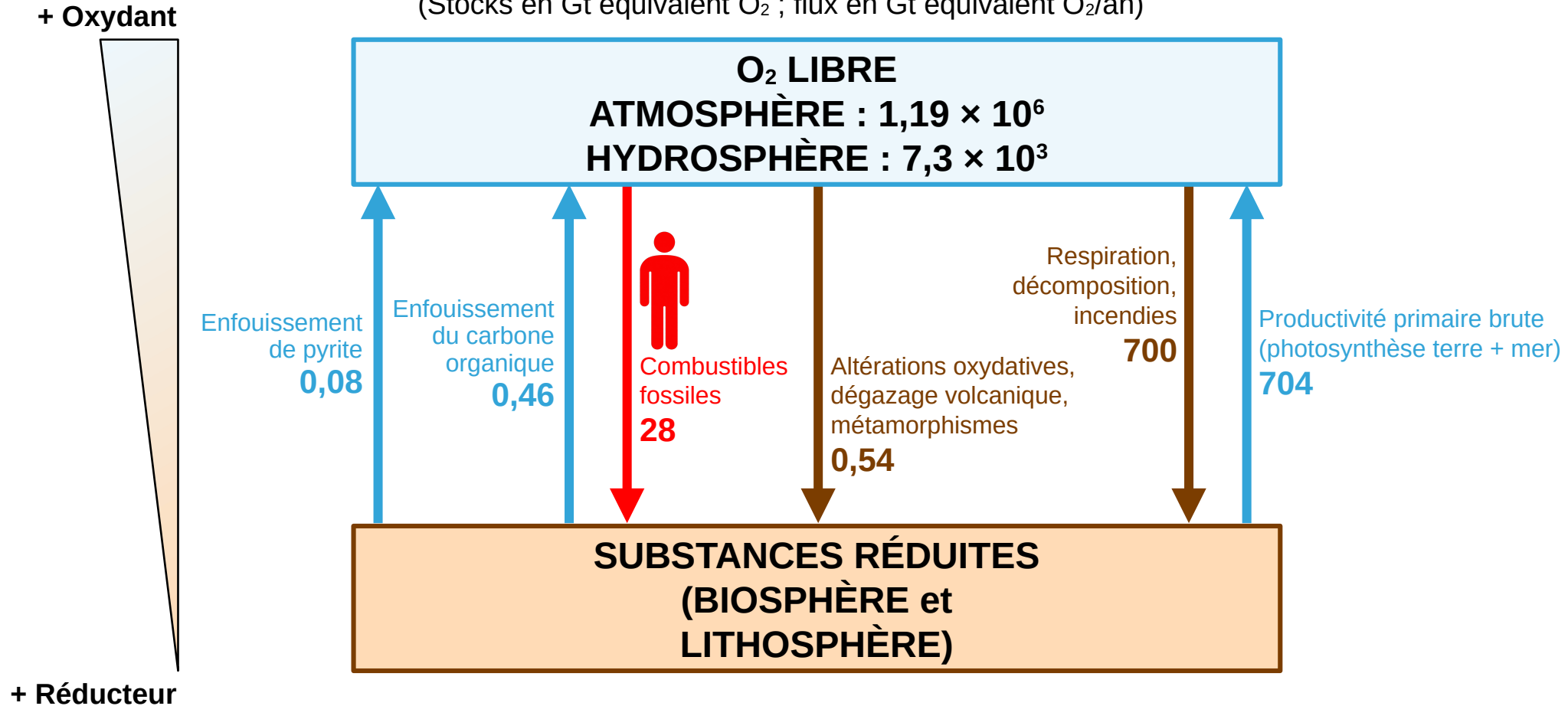
(Mills et al. 2023)

Valeurs reconstruites, non mesurées dans de l'air fossile

<https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-earth-032320-095425>

Bilan rédox du cycle du dioxygène

(Stocks en Gt équivalent O_2 ; flux en Gt équivalent O_2/an)



(Li et al. 2021)

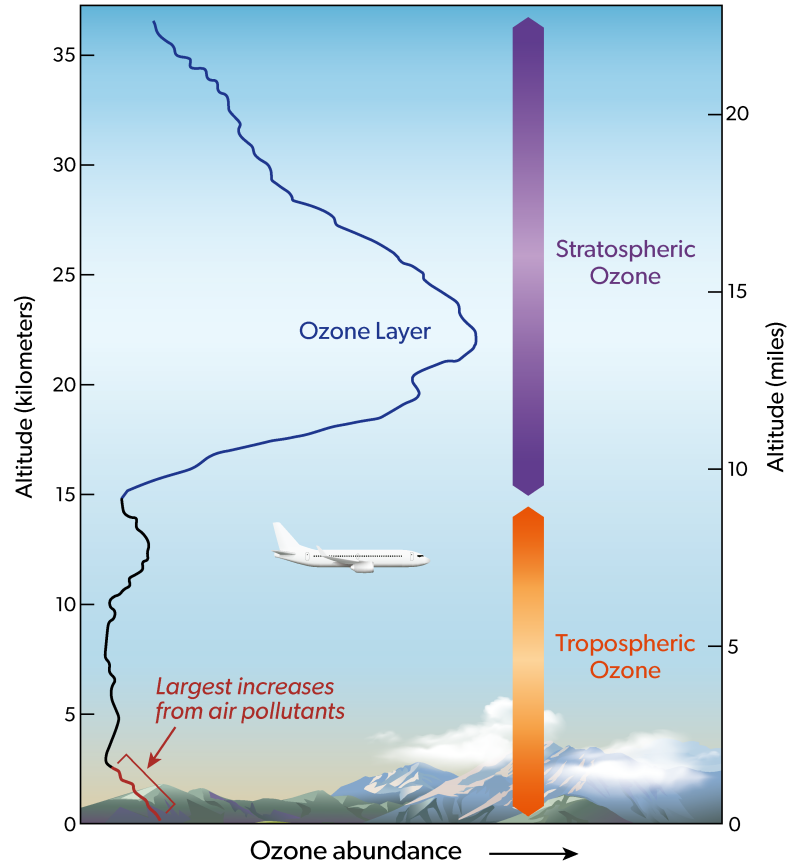
<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2021EF002124>

(Ozaki et al. 2022)

<https://gmd.copernicus.org/articles/15/7593/2022/>

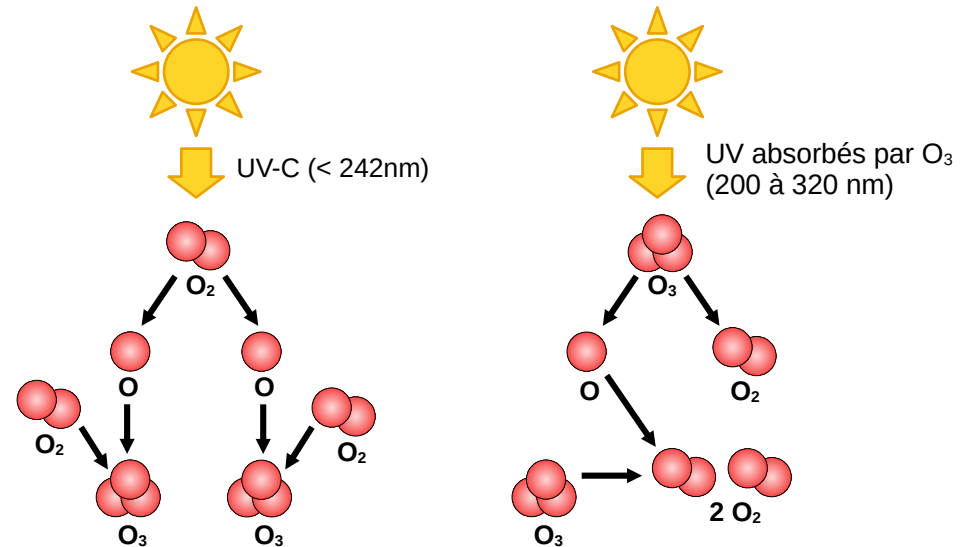
L'origine de l'ozone stratosphérique

Ozone in the Atmosphere



<https://csi.noaa.gov/assessments/ozone/2022/twentyquestions/>

- Environ 90 % de l'ozone atmosphérique se trouve dans la stratosphère
- O_3 se forme et se détruit continuellement



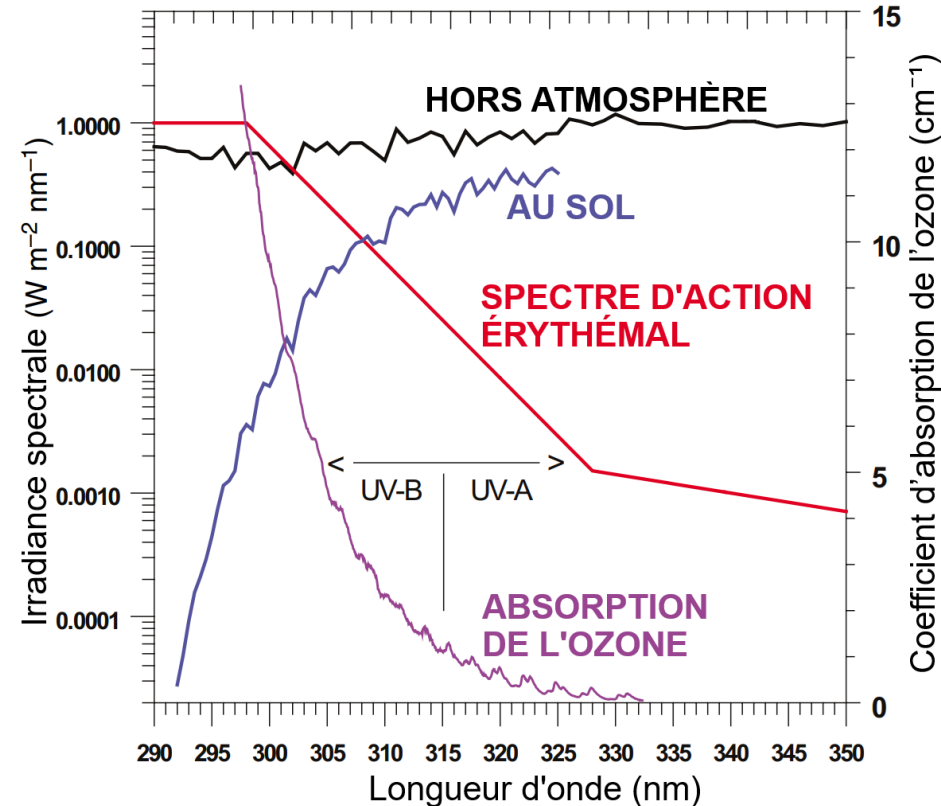
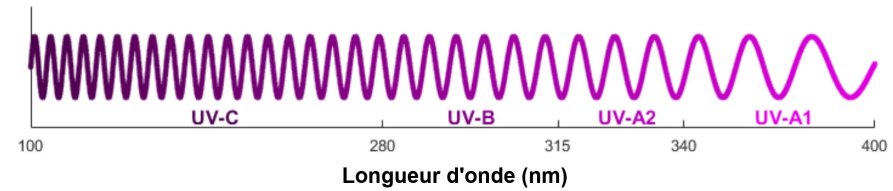
Cycle de formation et destruction de l'ozone

L'ozone et la protection contre les UV

- Certains UV endommagent l'ADN → une lésion peut devenir une mutation

Mutagène

- O_2 et O_3 absorbent les UV-C
- O_3 absorbe grande partie UV-B
- Protection partielle : les UV-A peuvent aussi être nocifs
- La couche d'ozone a peut-être facilité la colonisation des continents

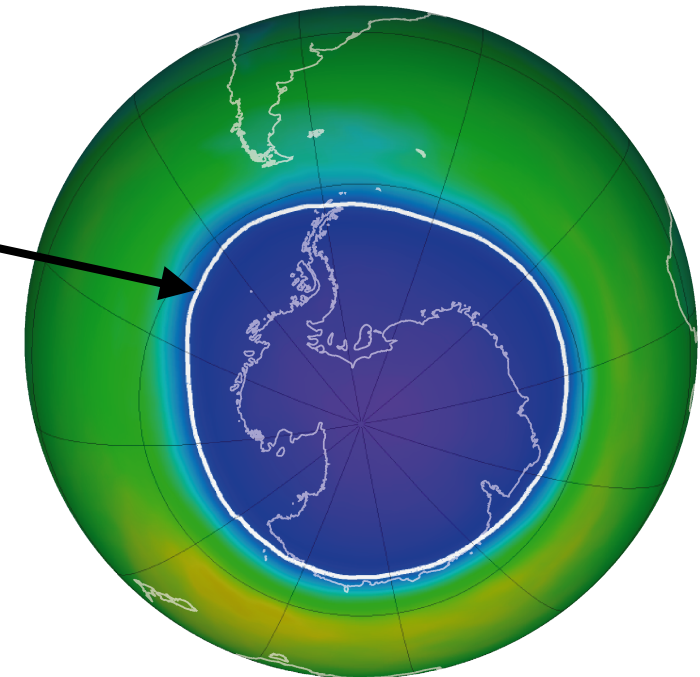


(Kerr et Fioletov 2008)

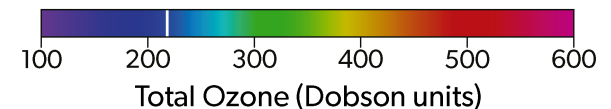
Le « trou » dans la couche d'ozone

Antarctic Ozone Hole

- **Constat et mécanisme**
- En Antarctique au printemps austral. Seuil cartographique : moins de 220 DU
- CFC et halons : libération de chlore et de brome, qui détruisent O_3 par catalyse
- **1987 : protocole de Montréal**
- Retour prévu vers les niveaux de 1980 : $\approx$ 2040 (quasi-global), $\approx$ 2066 (Antarctique), sous réserve du respect des mesures



21 – 30 September 2021

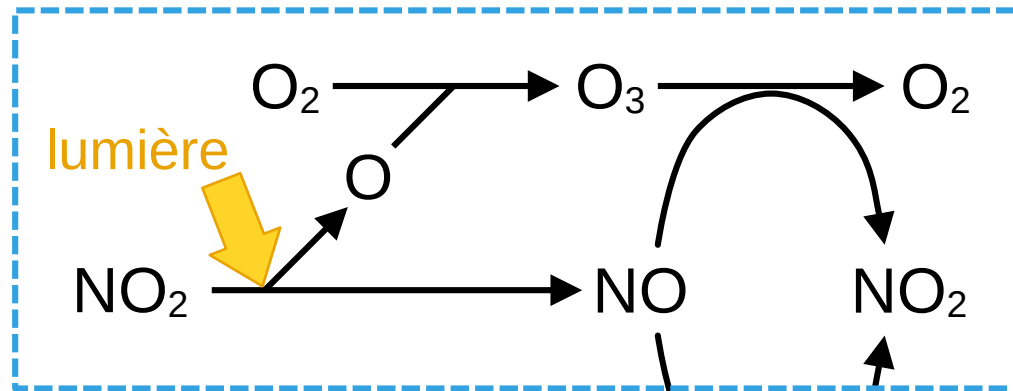


<https://wmo.int/news/media-centre/ozone-layer-recovery-track-helping-avoid-global-warming-05degc>

<https://csl.noaa.gov/assessments/ozone/2022/twentyquestions/>

La pollution de l'ozone troposphérique

- Un **polluant secondaire** : se forment dans l'air à partir de précurseurs
- Les transports, l'industrie et les solvants émettent des COV (composés organiques volatils)
- L'excès de O_3 endommage les voies respiratoires et les végétaux



Cycle NO_x naturel
= bilan nul en O_3

Voie des radicaux peroxyes
= production nette d' O_3