

Impacts environnementaux

Rappel (cf. Cours gestion de l'environnement)

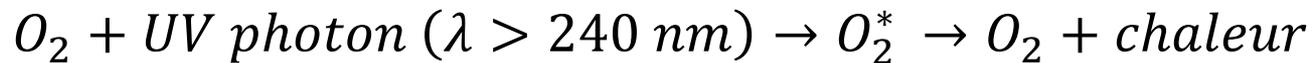
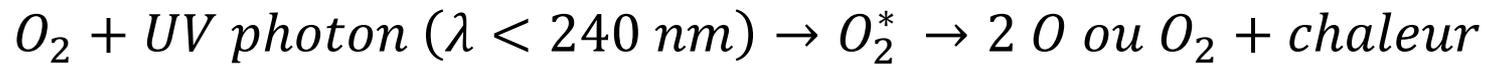
Destruction de la couche d'ozone



Production de l'ozone stratosphérique

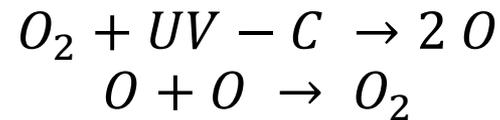
- Lumière = phénomène ondulatoire

$$E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

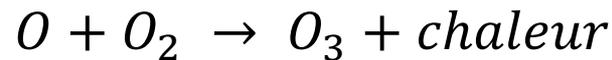


Production de l'ozone stratosphérique

- Au dessus de la stratosphère : air raréfié et UV important → O

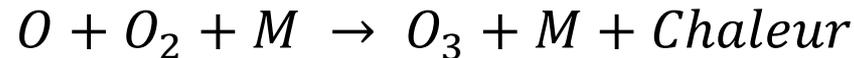


- Basse stratosphère : présence d'O₂



Production de l'ozone stratosphérique

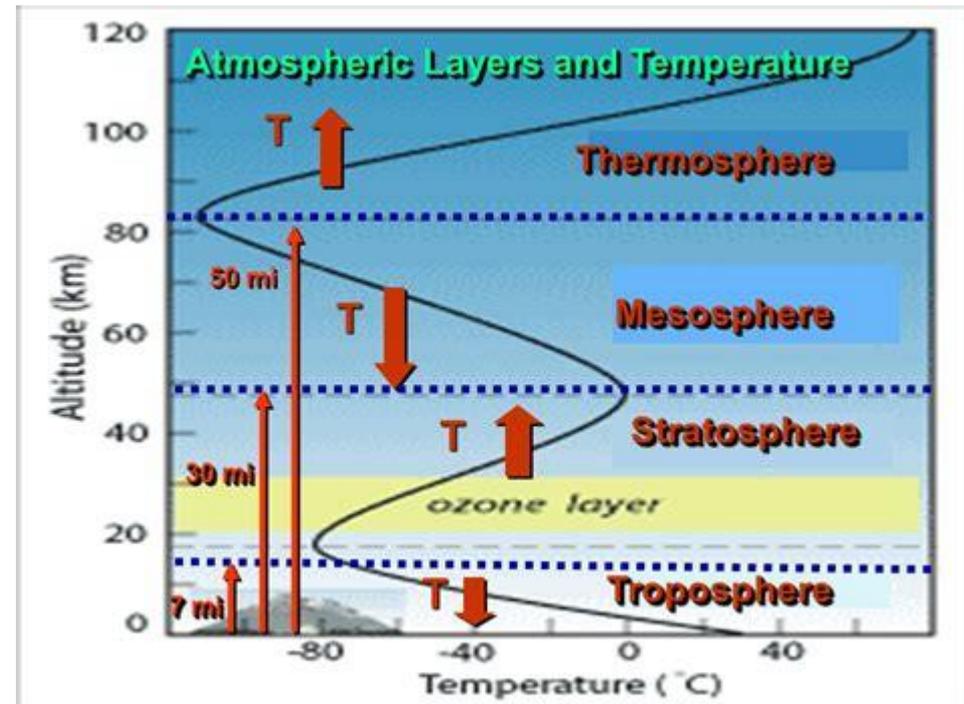
- Couche maximale où rapport = $[O_2]$ x Intensité UV-C max
- De manière plus réaliste



Avec $M = N_2$ ou H_2O pour transporter la chaleur → augmentation de température

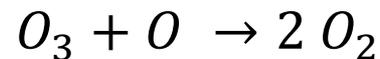
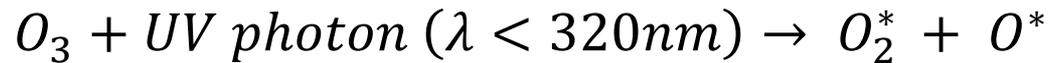
Production de l'ozone stratosphérique

- Température stratosphère > au dessous ou en dessous
- Couche stratifiée
- Troposphère = mélange vertical



Destruction de l'ozone stratosphérique

- Destruction importante dans la haute et moyenne stratosphère (UV-B et UV-C)



- Cycle de Chapman – état stationnaire

$[O] \approx \text{constante}$

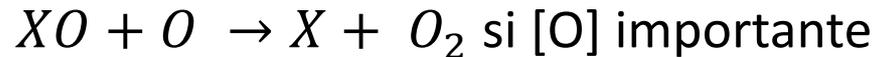
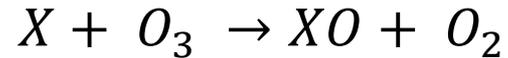
$[O_3] \approx \text{constante}$

Destruction de l'ozone stratosphérique

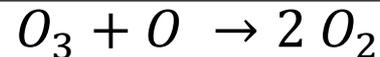
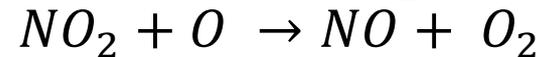
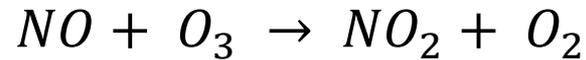
- Durée de vie
 - 30 minutes 30 km
 - 1 mois basse stratosphère
- $[O_3] = 10$ ppm

Destruction de l'ozone stratosphérique

- **Mécanisme I**



Réalisée de manière naturelle sans pollution car présence de catalyseurs



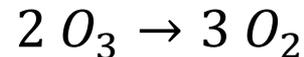
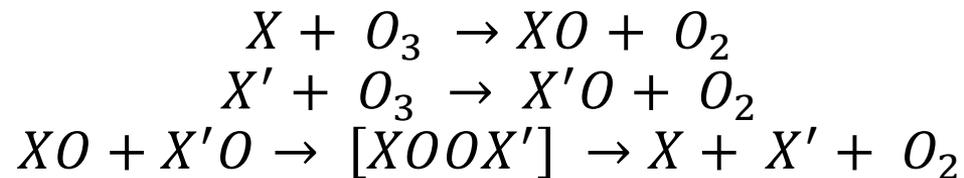
Destruction de l'ozone stratosphérique

- **Mécanisme I**

Autre catalyseur disponible OH



- **Mécanisme II sans oxygène atomique**

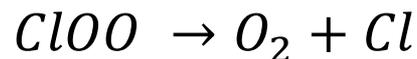
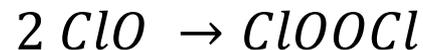
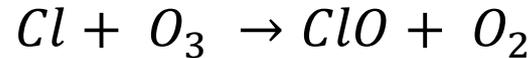


Destruction de l'ozone stratosphérique

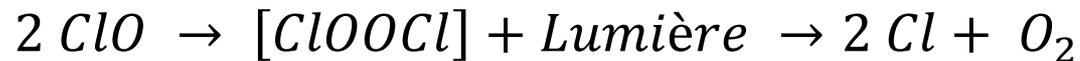
- Effet du chlore

Mécanisme II

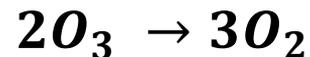
Etape 1



Etape 2



Global

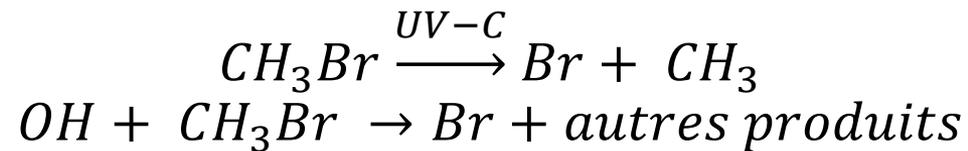


Destruction de l'ozone stratosphérique

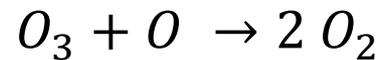
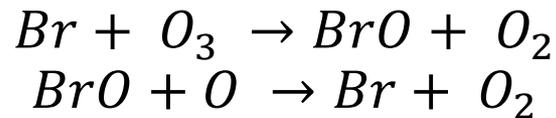
- **Effet du brome**

Halons et source naturelle

Grande stabilité



- **Mécanisme I**



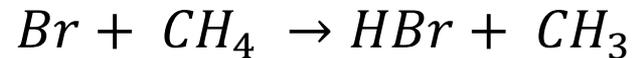
Destruction de l'ozone stratosphérique

- **Brome**

Pas de puits troposphérique → stratosphère

Peu de formes inactives

Réaction non réalisée



Brome 40 à 50 fois plus réactif que le chlore

Destruction de l'ozone stratosphérique

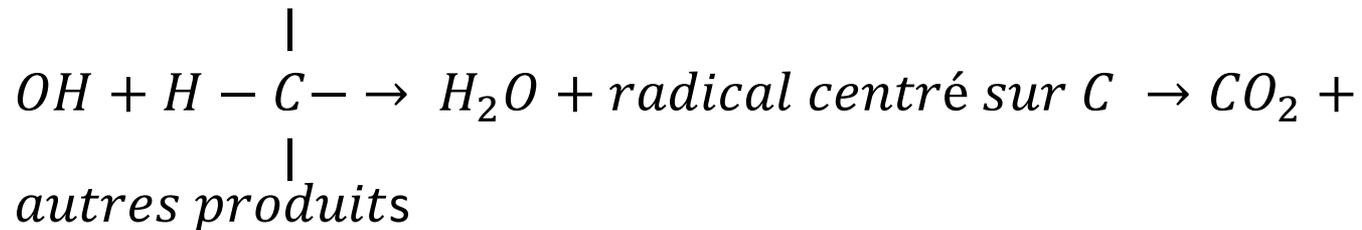
- **CFC**

Pas de puits troposphérique → stratosphère

Décomposition par UV-C en Cl

Durée de vie $\text{CCl}_4 = 26$ ans, $\text{CH}_3\text{Cl}_3 = 5$ ans

- **HCFC**

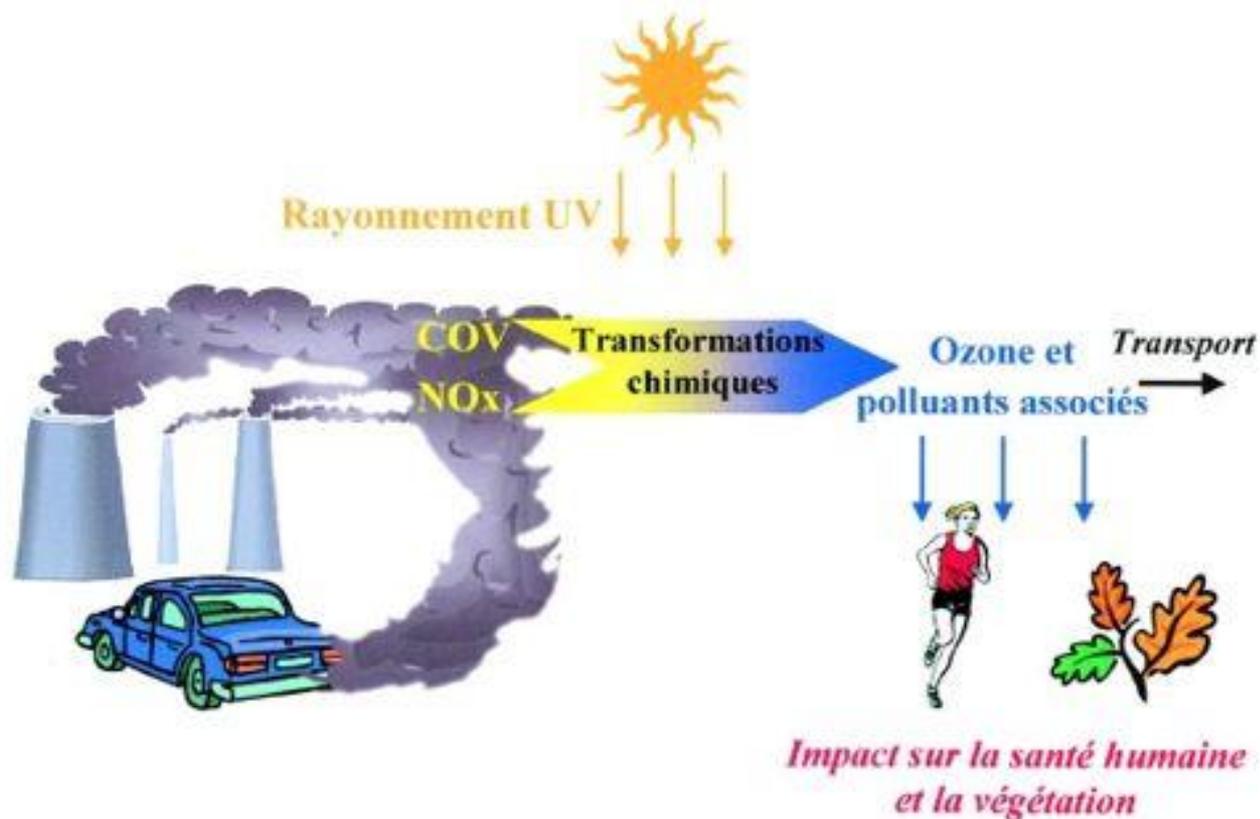


Impacts environnementaux

Rappel (cf. Cours gestion de l'environnement)

Production du smog photochimique

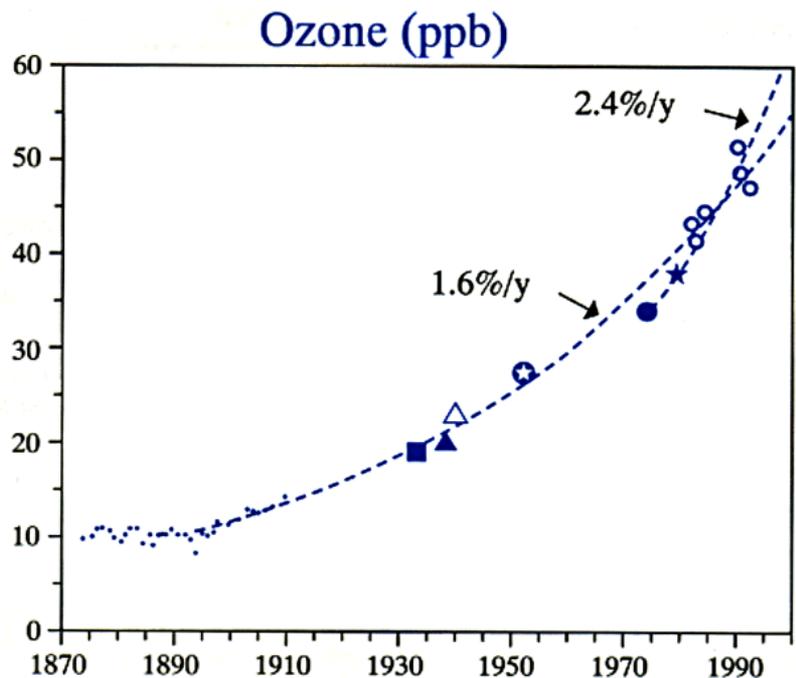
Formation d'ozone troposphérique



$COVs + NO + O_2 + \text{lumière solaire}$
→ mélange d' O_3 , d' HNO_3 , composés organiques

Formation d'ozone troposphérique

■ Teneur moyenne en augmentation



Évolution de la concentration en ozone dans la troposphère en Europe de l'Ouest

1874 → 10 ppbv

1994 → 50 ppbv

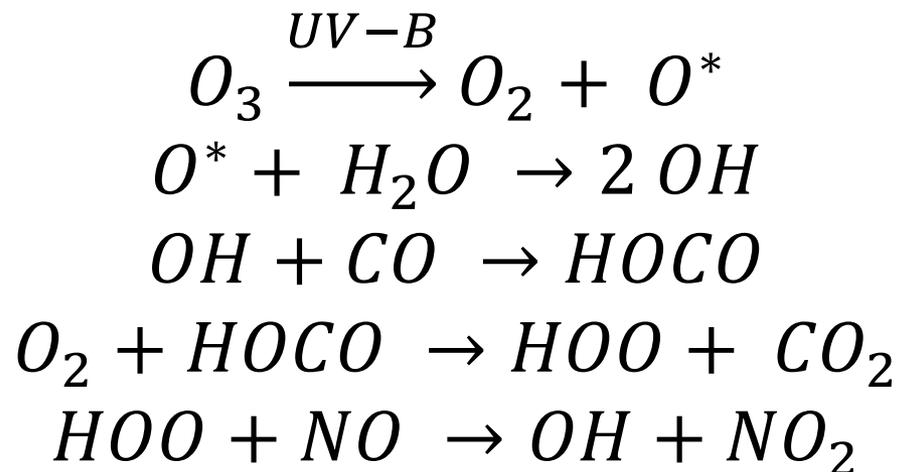
Taux de croissance annuel = 2%

- Pic du Midi (3 000 m) (1982-84)
- ★ Zugspitze (3 000 m) (1977-80)
- Hohenpeiisenberg (1 000m) (1971-76)
- ⊙ Arosa (1 860 m) (1951-53)
- △ Pfander Mountain (1 064 m) (1940)
- ▲ Mont Ventoux (1 900 m) (1938)
- Jungfrauoch (3 500 m) (1933)
- Pic du Midi (3 000m) (1874-1909)

<http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/rechfran/4theme/chimieatmo/gdeimghtml/1p10.html>

Formation d'ozone troposphérique

- Radical hydroxyle

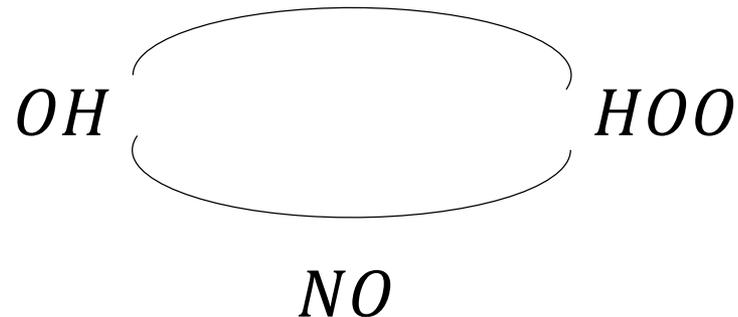


OH permet d'initier la réaction d'oxydation

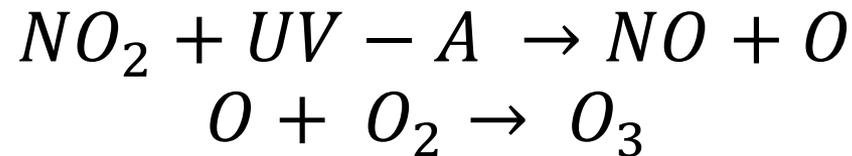
OH et HOO oxydent les polluants dans la troposphère

Formation d'ozone troposphérique

Gaz stable, O₂ (lumière)



- Décomposition NO₂



NO_x (NO et NO₂) : sources et impacts

- Production anthropique*
 - Combustion des combustibles fossiles
 - Combustion de biomasse, feux de forêts
 - Activité industrielle
 - Production d'acide nitrique, fabrication d'engrais, traitement de surfaces, ...

* Existence de sources naturelles non abordée ici

NO_x (NO et NO₂) : sources et impacts

- Toxicité pour l'homme

- NO₂ = gaz hautement toxique
 - Irritation du système respiratoire
 - Fonction pulmonaire perturbée dès 300 ppb (100 pour enfants et personnes sensibles)

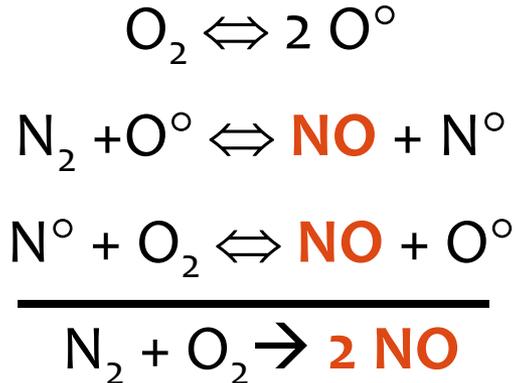
NO₂ = gaz fortement coloré en jaune

→ réduction visibilité atmosphérique

→ coloration brunâtre typique des masses d'air au dessus des zones urbanisées

NO_x (NO et NO₂) : formation

- NO = 1^{er} oxyde formé puis oxydation en NO₂
- 3 mécanismes de formation différents du NO
 - Oxydation de l'azote du combustible
 - NO thermique = oxydation de l'azote de l'air à des T > 1000°C

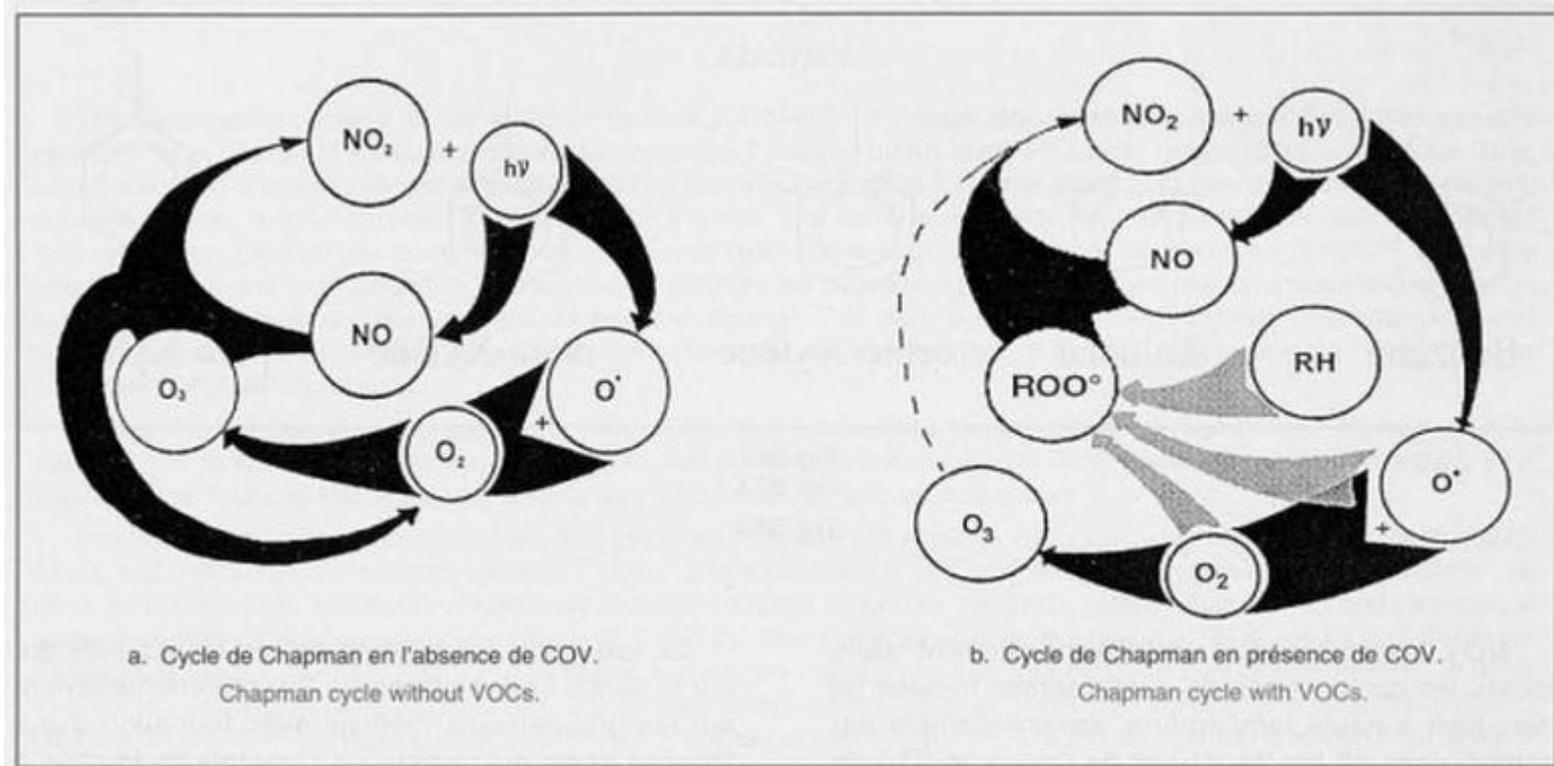


$$\frac{d[NO]}{dt} = 2k_1 K \frac{[O_2][N_2][H_2]}{[H_2O]}$$

↓
÷ exp(-E/RT)

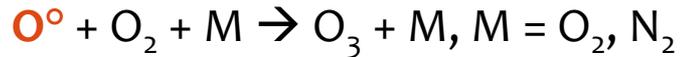
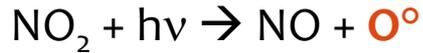
- NO prompt = formé rapidement en cours de combustion
 - Réactions complexes entre azote de l'air et molécules du combustible
 - Favorisé pour des mélanges pauvres en oxygène

Cycle de Chapman



Formation d'ozone troposphérique

■ Équilibre dynamique de base



1) Production de O° dans la troposphere

$$\lambda > 0,29 \mu\text{m}$$

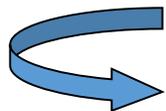
2) Production d'ozone

3) Destruction d'ozone

■ Rôle de la pollution

□ NO réagit avec des radicaux hydroperoxyde et peroxyde

→ Pas de destruction d'ozone via réaction 3 !



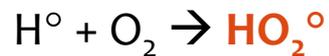
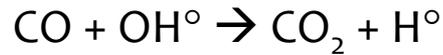
Radicaux produits durant l'oxydation de CO , CH_4 , HC et COV
= précurseurs de l'ozone

Formation d'ozone troposphérique

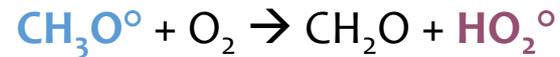
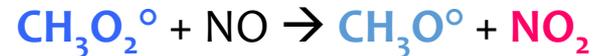
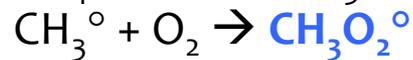
■ Rôle de la pollution

□ Les précurseurs de l'ozone

Monoxide de carbone (CO)



Méthane (CH₄)



Formaldéhyde CH₂O peut à son tour entrer dans cycle d'oxydation

□ Facteurs favorisant la formation d'ozone

- Trafic intense → précurseurs de l'ozone
- Temps ensoleillé → production d'O[°]
- Peu de vent → lente dispersion des polluants → réactions ont le temps de se produire
- Inversion de température → lente dispersion des polluants

Formation d'ozone troposphérique

■ Rôle de la pollution

□ Augmentation de l'ozone troposphérique liée à

■ Augmentation des émissions de NOx

□ Multiplication par 7 durant le 20^{ème} siècle

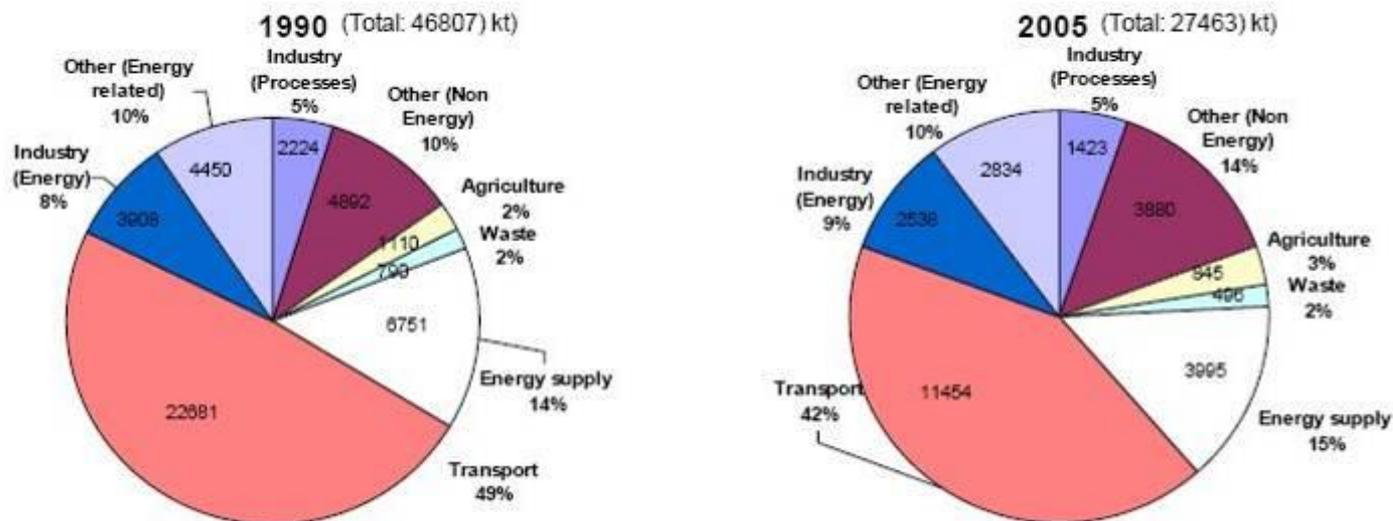
□ Taux de croissance annuel = 2%

■ Augmentation des émissions des précurseurs CO, CH₄, HC, COV

□ Taux de croissance annuel = 1%



Rôle majeur de la combustion de combustibles fossiles



Diminution de 45% des émissions de précurseurs reliées au secteur de l'énergie entre 1990 et 2005 dans l'UE-27

Formation d'ozone troposphérique

- Impacts sur la santé humaine
 - Problèmes respiratoires
 - Gaz agressif à odeur âcre
 - Toux, inconfort, irritation des yeux, des voies respiratoires
 - Sensibilité particulière pour personnes âgées et enfants
- Impacts sur la végétation
 - Nécroses sur feuilles et aiguilles d'arbres et sur végétaux
 - Perte de production dans les massifs forestiers

Tâches sur cerisier noir



Impacts environnementaux

Rappel (cf. Cours gestion de l'environnement)

Smog d'hiver

Particules – définition

■ Fumée

- Matières particulaires : particules solides ou liquides en suspension dans l'air
 - Solides = poussières ou suies
 - Liquides = brume ou brouillard
- Invisibles à l'œil nu

■ Taille des particules

- Diamètre < ou > à 2,5 μm

Particules – origines

■ Grosses particules

□ Primaires

- Tempêtes de sable
- Désintégration des feuilles mortes par le vent
- Pollen
- Feux de forêts

■ Particules fines

□ Primaires

- Usure des freins ou poussière métallurgie
- Echappement des véhicules

□ Secondaires

- Réactions chimiques entre gaz et agrégation d'espèces plus petites
- Réactions COV et NO_x

Particules – indices PM

- Quantité de matière particulaire dans un volume donné
 - Pas de MM
 - Utilisation de μg par m^3
- PM_{10} = toutes les particules dont le diamètre est inférieur à $10 \mu\text{m}$
- $\text{PM}_{2,5}$ = toutes les particules dont le diamètre est inférieur à $2,5 \mu\text{m}$
 - Particules fines respirables

Particules – effets sur la santé

- Problèmes respiratoires
- Particules inhalées transportent les molécules organiques et ions métalliques dans les poumons
- Pollution de l'air corrélée avec concentration PM 2,5

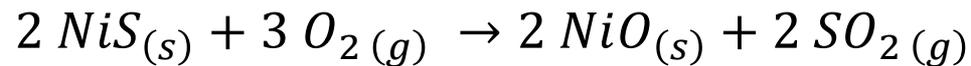
SOx : sources et impacts

- Production anthropique de composés soufrés
 - Combustion des combustibles fossiles
 - Charbon, lignite, coke de pétrole, fuel lourd, fuel domestique, gazole
 - Activité industrielle
 - Production de H_2SO_4 , production de pâte à papier, raffinage du pétrole, ...
- Phénomènes liés
 - Pluies acides
 - Smog acide
- Toxicité pour l'homme
 - SO_2 = gaz irritant, fortement hydrophobe et facilement dissous dans le mucus nasal
 - Toux, bronchite, asthme
 - Mortel au-delà de 1500 ppb
 - SO_3 = gaz irritant (à l'état sec)

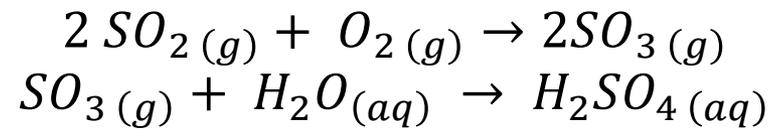
* Existence de sources naturelles non abordée ici

SOx : sources et impacts

- Torréfaction du minerai

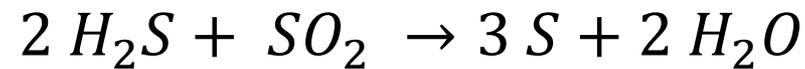


- Passage sur catalyseur



SOx : sources et impacts

- Raffinage du pétrole : émissions SO₂ et H₂S
- Réaction Claus



Smog acide

- Généralement en hiver
- Concentration accrue de suie et de SO_2
- Engendre des problèmes respiratoires importants

QUESTIONS

?