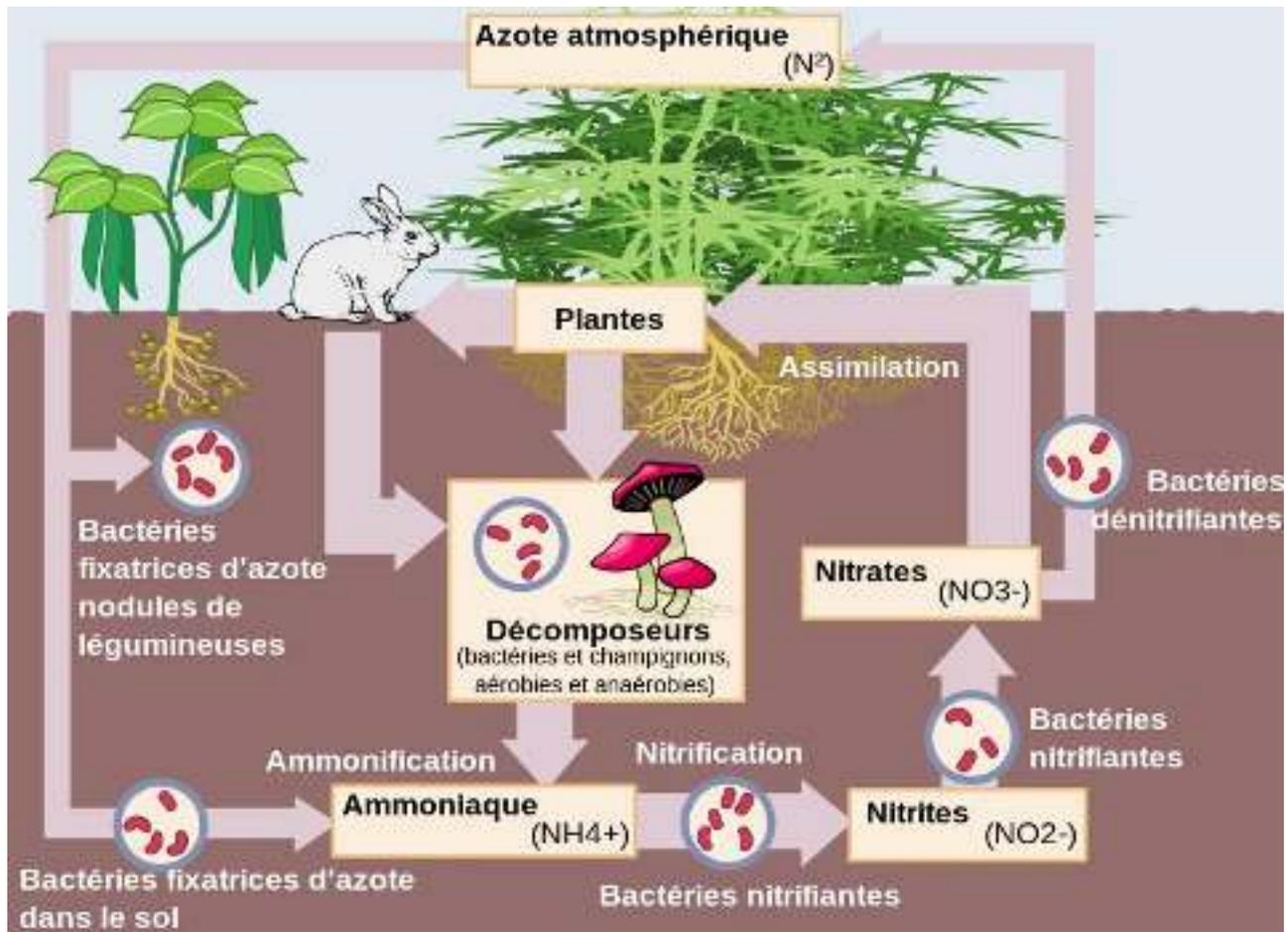
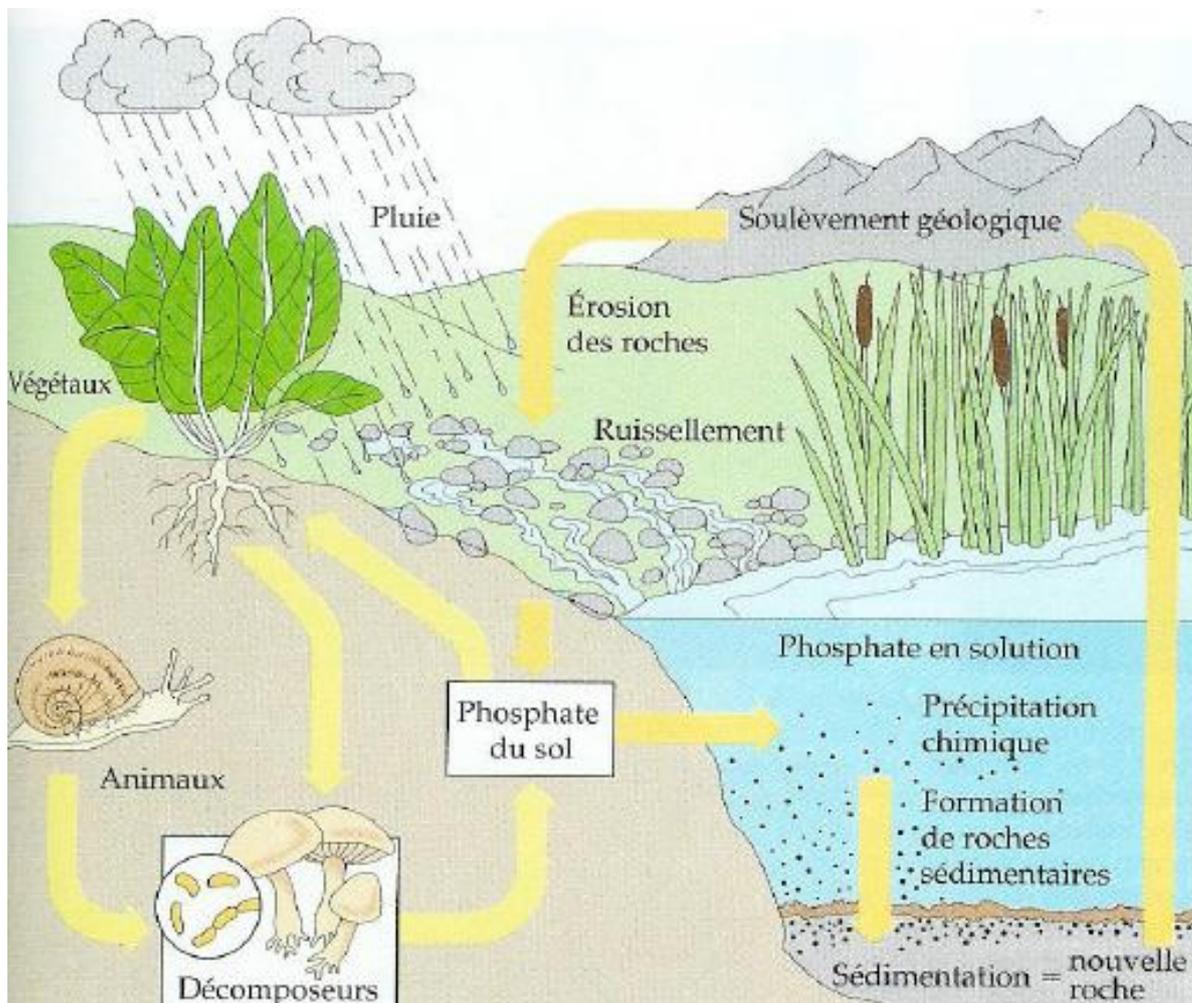


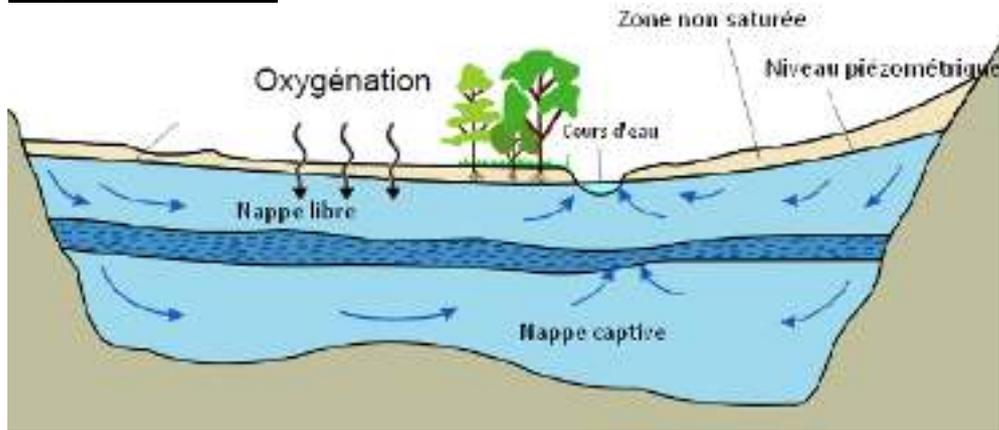
Cycle de l'azote : diversité des processus



Cycle du phosphore à l'échelle planétaire :



## Oxygénation de l'eau :



- \* Il y a constante consommation d'oxygène dans le sous-sol (respiration >> photosynthèse.)
- \* Le transfert de l'oxygène atmosphérique se fait de façon peu efficace dans les pores du sol (taille des pores), en plus il y a passage obligé à l'interface eau-air à la limite de la ZNS par diffusion moléculaire. Oxygénation 'vertical d'un aquifère captif : ~0
- \* Pour ne rien arranger, la solubilité de l'oxygène dans l'eau est faible (~10 mg/L, f(T,P)), il est donc vite consommé.
- \* Les bactéries peuvent respirer autre « choses » que l'oxygène (accepteurs d'électrons)
- \* La respiration bactérienne signifie destruction de la matière organique. Du fait, il y a peu de COT dans les aquifères : souvent 0.1 % massique. Condition nécessaire pour pomper de l'eau potable...

## Chaîne RedOx :

- \* Les bactéries peuvent respirer d'autres accepteurs d'électrons que l'oxygène.
- \* Cette respiration 'graduée de substances génère le potentiel redox des sols
- \* Les substances ainsi respirées peuvent 'tamponner' le redox du sol
- \* Les réactions redox sont lentes, et de plus fortement associées à des effets de conditions chimiques locales.

## Milieu Oxygéné

Ions sensibles aux redox à connaître :

Ions dissouts donc mobiles en bleu

Ions toxique, ou très toxique

Formant des solides, donc non mobiles



## Milieu Réducteur

# Pollution atmosphérique

## Qualité de l'air :

Objectif : qualité de l'air fixé par la loi - Indice atmo (arbitraire)

Mesures : prévention radio, réduction de la vitesse des voitures, nécessité pour les industriels de changer d'approvisionnement en énergie

## Pollution à l'échelle locale :

En été, la pollution est causée par l'ozone (polluant secondaire) et en hiver, elle est causée par les PM10 et NO<sub>2</sub> (pollution primaire).

## Pollution globale : changement climatique

Gaz à effet de serre en synergie avec la pollution locale, mais augmentation de l'albédo terrestre en antinomie avec la pollution locale. La lutte contre la pollution urbaine encourage le changement climatique.

## Temps de vie : $T = [X] / d[X]/dt$ qui traduit le temps d'impact d'un polluant

Soient  $m$  la masse et  $S$  la source :  $dm/dt = S - m/T$

$T$  est une mesure du temps qu'il faut pour éliminer un composé, du temps pour qu'un système chimique atteigne son état stationnaire, et c'est aussi une variable qui donne une estimation des consommations que l'on peut atteindre dans l'atmosphère.

## Transport et mélange :

- \* Horizontal : si un polluant a un temps de vie supérieur à quelques jours, le problème de pollution devient continental
- \* Vertical : pollution liée à la météo - nuit : inversion de sol - matin : couche mélangée de 200 m d'épaisseur donc pic de pollution. En été, il fait toujours assez chaud pour que l'on puisse démolir l'inversion le matin donc la pollution ne reste pas plusieurs jours, contrairement à l'hiver, la pollution peut rester plusieurs jours.
- \* Dépression : l'air monte (ex : tornade)
- \* Anticyclone : l'air descend = il se réchauffe (compression adiabatique) → couche d'air chaud à 2 000 m

## Polluants primaires :

NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM10

Impact sur la santé dû à leurs dérivés, nitrates et sulfates (aérosols / pluies acides toxiques)

Europe : réglementations pour réduire les impacts sanitaires + pénalités de dépassement des seuils

Aérosols : particules grossières (masse > 1 micron ; primaire, production mécanique) et particules fines (masse < 1 micron ; primaires liés à la combustion ou secondaire liée à la chimie dans l'atmosphère)

On ne sait pas quelles sont les plus gênantes pour la santé, ni quel est le facteur important : nombre ? Masse ?...

Temps de vie dépendant de leur taille : 1 micro = Temps de vie de 10-15 jours

Dans l'atmosphère, l'ammoniac vient des activités agricoles.

Fraction organique de l'aérosol (~ 55%) : de nombreux composants viennent exclusivement de la combustion du bois, d'autres exclusivement de la combustion automobile, etc.

Sources globales de polluants primaires : sources entropiques et naturelles

En Europe, principales émissions liées aux industries (Ruhr, Angleterre, vallée du Pô, bassins urbains en France, etc.) et aux transports maritimes (Baltique).

## Contrôle des émissions :

\* SO<sub>2</sub> émis par les hauts fourneaux et les carburants. SO<sub>2</sub> soluble → tour de lavage dans les hauts fourneaux + désulfuration du carburant → baisse des émissions de SO<sub>2</sub>.

\* NO<sub>2</sub> issu de sources mobiles (engins de chantier, anciennes locomotives, etc.) → faible baisse des émissions de NO<sub>2</sub>. Difficultés intrinsèques → pas possible d'utiliser les mêmes moyens que pour SO<sub>2</sub>.

Solutions : actuellement, on utilise seulement les pots catalytiques.

Vraie solution : réduire le nombre de véhicules et de kilomètres parcourus.

\* Chauffage au bois : bilan de CO<sub>2</sub> équilibré si la forêt est bien gérée. Mais en hiver, le chauffage au bois est responsable de la pollution primaire ; quand on brûle du bois, on émet du carbone, du potassium, du soufre, etc. Plus ces composants sont émis et plus le processus de combustion est amélioré → remplacer les vieux appareils de chauffage par des systèmes modernes et efficaces.

## Polluants secondaires :

Ozone, PM10 (ils résultent de transformations physico-chimiques de polluants primaires dans l'atmosphère)

Fraction organique des polluants secondaires : environ 25% issue des émissions véhiculaires, 10% des industries, 65% de sources inconnues → problème

Ozone :  $\text{COV} + \text{NO}_x + \text{lumière} = \text{O}_3$

Lors d'anticyclone l'été, les brouillards jaunâtres contiennent de l'ozone et des oxydes d'azote.

Impact sur l'agriculture (baisse de rendement), la santé et le climat ( $\text{O}_3$  gaz à effet de serre)

Chimie de l'ozone :

Cycle de Leighton : cf. schéma → On parle de NO ou  $\text{NO}_2$ , peu importe !

Pic d'ozone :

Injection des précurseurs ( $\text{NO}_x$  : composés organiques volatiles) + production photochimique d'ozone + dépôt sec et destruction nocturne (on ne fait que détruire de l'ozone la nuit). Plus on a de précurseurs et plus on a d'ozone.

\* Graphique isopleths : courbe modélisée par le calcul de la concentration maximale de  $\text{O}_3$  pouvant être atteinte à partir d'une mixture COV /  $\text{NO}_x$  donnée.

Dans une certaine zone, la vitesse de production de  $\text{O}_3$  est proportionnelle à la concentration des COV et inversement proportionnelle à la concentration en  $\text{CO}_2$  (régime *COV limité* → il faut limiter les COV).

Dans une autre zone, la vitesse de production de  $\text{O}_3$  est proportionnelle à la concentration des  $\text{NO}_x$  (régime  *$\text{NO}_x$  limité* → il faut diminuer les  $\text{NO}_x$ ).

\* Problème de la dilution du panache urbain : pas d'ozone en centre-ville car beaucoup de  $\text{NO}_x$  ; pics d'ozone à l'extérieur de la ville (ex : Grenoble)

\* Temps de vie de  $\text{O}_3$  = 20-30 jours → impact hémisphérique.

Efficacité de production d'ozone (OPE) : moins il y a de  $\text{NO}_x$  dans l'atmosphère et plus ils sont efficaces pour produire de l'ozone. Si on diminue les  $\text{NO}_x$  de 50% (= supprimer tous les véhicules), ça ne diminuera l'ozone que de 15% ! → Réel problème

Rôle des transports : émission (kg) = nbre de personnes \* mobilité (km/personne) \* émission (kg/personne)

L'émission est liée aux voitures et à la fluidité du trafic. Elle a baissé depuis 50 ans, mais la mobilité a augmenté depuis 50 ans → inefficace.