



UFR Sciences
Exactes et Naturelles



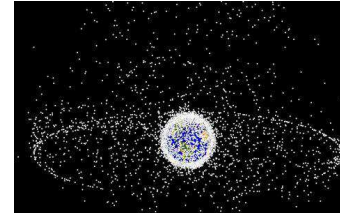
Université de Reims
Champagne Ardenne

Qualité Biologique de l'Environnement 1 (QBE1/ECO0701)

Sources et devenir des contaminants dans les écosystèmes

S. PARIS et V. FELTEN

Qu'est ce qu'une pollution ?



« **Modification défavorable** du milieu naturel
qui apparaît comme un sous-produit de l'**action humaine.** »

Ramade, 1977



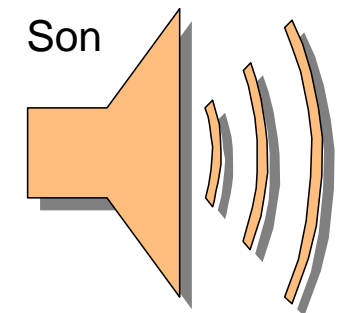
**Les pollutions ne sont pas
forcement visibles**

Qu'est ce qu'un polluant ?

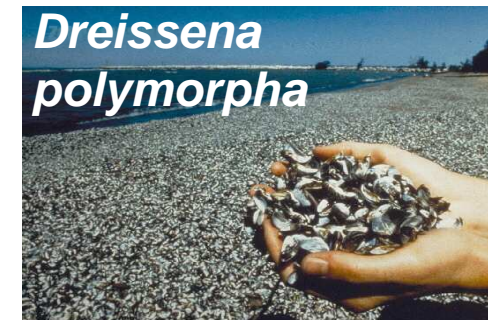
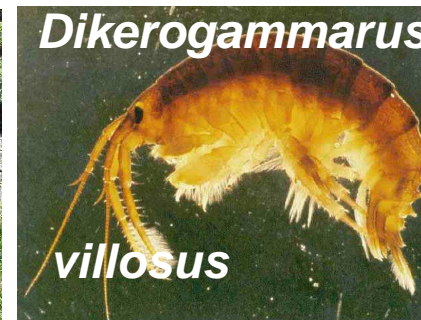
Toute substance que l'homme introduit dans un biotope donné dont il modifie la teneur.

Peut agir comme un polluant:

➤ Tout processus physique



➤ Espèce allochtone





Quelles sont les sources de contaminant ?

- Industrielle
- Transports
- Domestique
- Agricole



Le réceptacle final est l'eau

Pollution : Historique

Révolutions industrielles: la force humaine remplacée par la machine.

Au XIX^{ème} siècle, la première révolution industrielle a comme énergie le charbon, comme moteur la machine à vapeur et comme nouveau mode de communication le chemin de fer.

Au XX^{ème} siècle, la seconde révolution industrielle démarre avec la Première guerre mondiale. Une nouvelle source d'énergie, le pétrole, permet le développement du moteur à explosion, puis de toute l'industrie automobile et aéronautique.

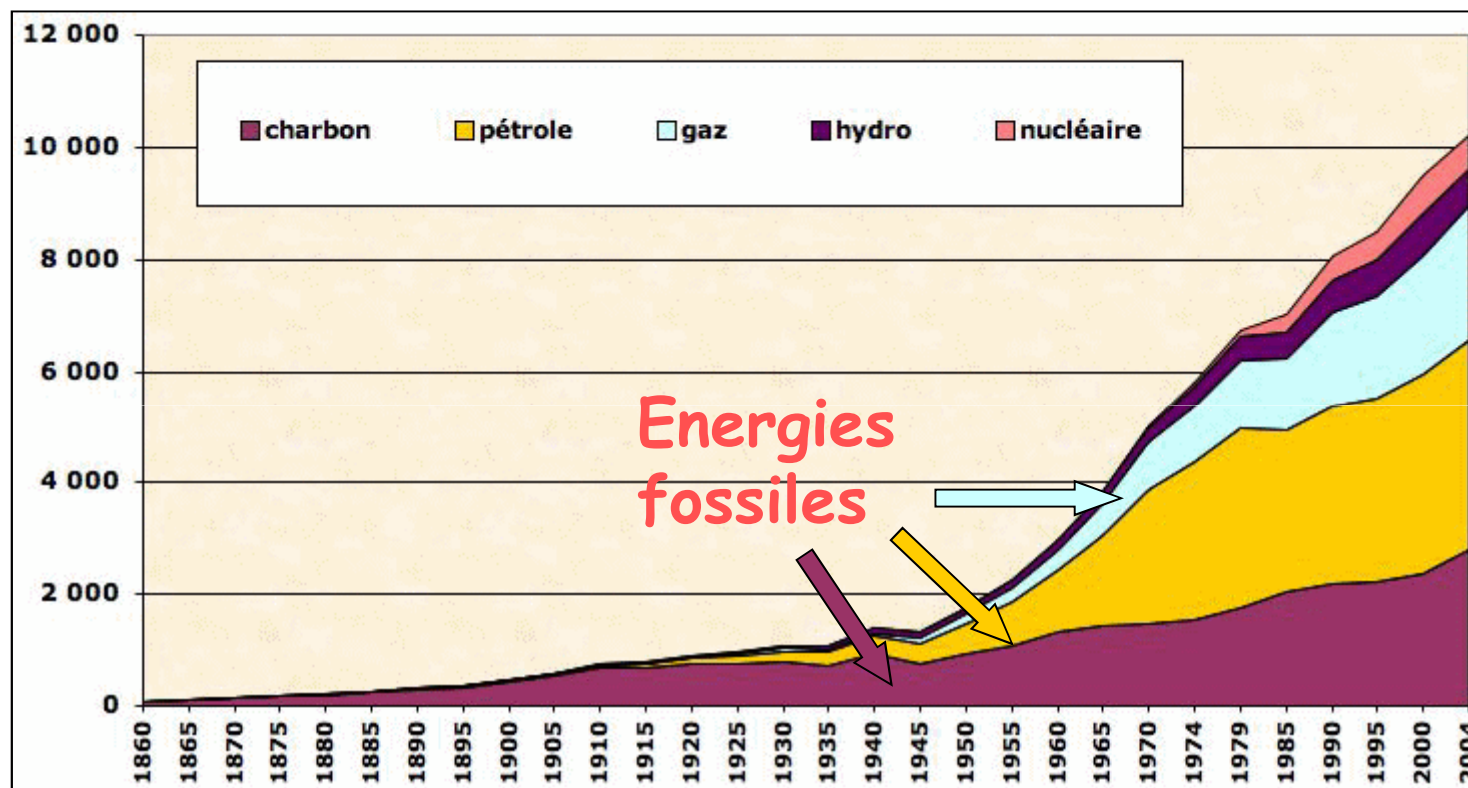


Pollution : Historique

Conséquence du développement économique

Tonne
équivalent
pétrole

Pouvoir
calorifique
d'une tonne
de pétrole
41,868 GJ
(10 Gcal)



Consommation mondiale d'énergie depuis la fin du XIX^{ème} siècle (Source : JM Jancovici)

Accroissement rapide de la combustion d'énergies fossiles

→ Emissions dans l'atmosphère de CO_2 , SO_2 et de NO_x

Pollution : Echelles

Trois échelles d'espace et de temps :

- **Le niveau local** (pollution de proximité), échelle de temps: heures
- **Le niveau régional** (pollution à longue distance), échelle de temps: jours
- **Le niveau global** (pollution planétaire), échelle de temps: années

I Pollution atmosphérique

I Pollution Atmosphérique: l'Atmosphère ?



Enveloppe gazeuse qui entoure la Terre.

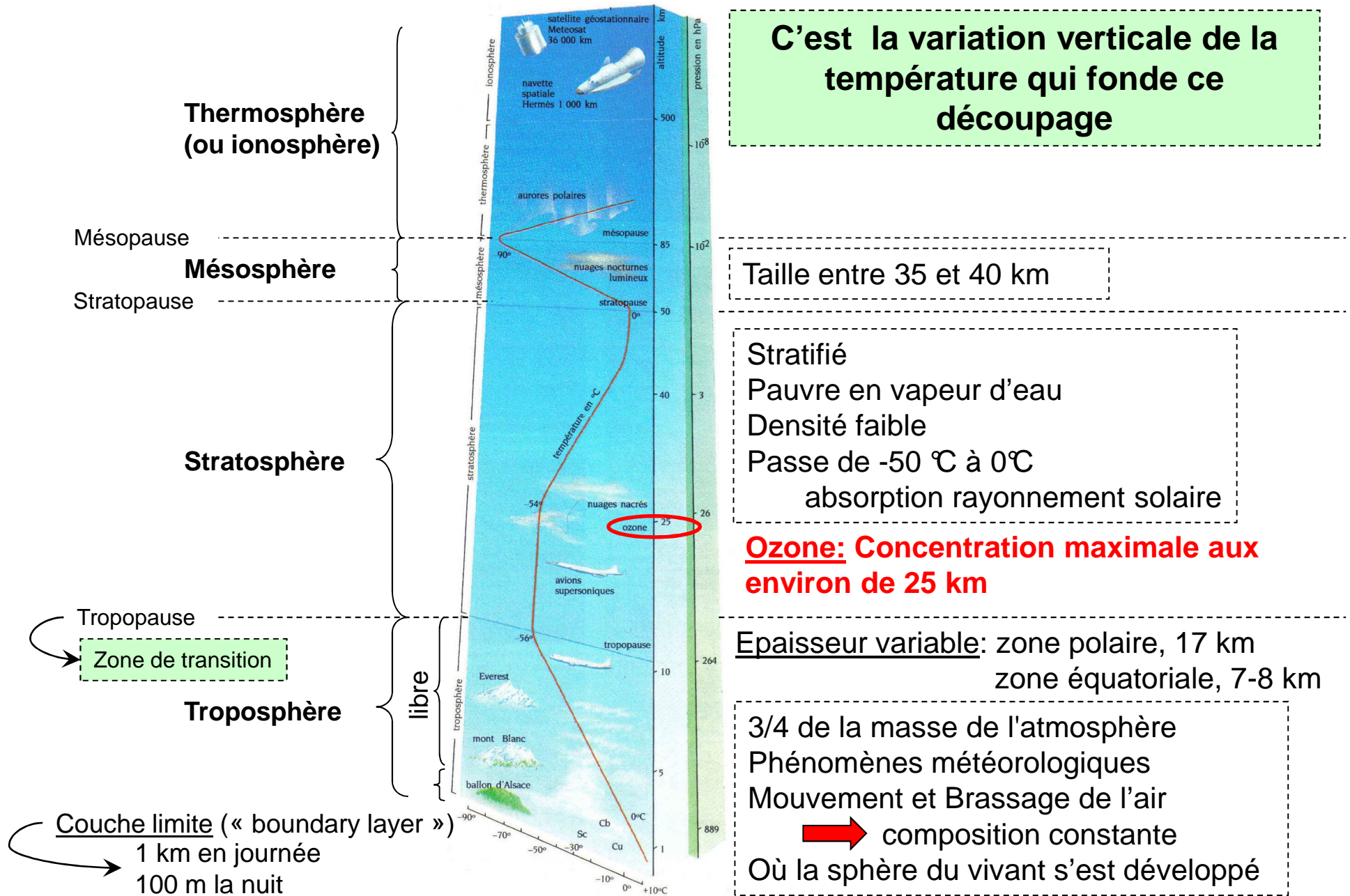
A l'échelle de la planète, Couche est très mince (quelques km)
Poids important (un peu plus de 5 milliard de Tonnes).

➡ **l'atmosphère exerce une pression sur le sol**
(masse de l'air/unité de surface)

Pression atmosphérique (Hecto-Pascal, HPa)

Note: La masse volumique de l'air ↘ en montant ➡ pression ↘

Atmosphère: 4 couches principales



C'est la variation verticale de la température qui fonde ce découpage

Taille entre 35 et 40 km

Stratifié
 Pauvre en vapeur d'eau
 Densité faible
 Passe de -50 °C à 0°C
 absorption rayonnement solaire

Ozone: Concentration maximale aux environ de 25 km

Epaisseur variable: zone polaire, 17 km
 zone équatoriale, 7-8 km

3/4 de la masse de l'atmosphère
 Phénomènes météorologiques
 Mouvement et Brassage de l'air
 → composition constante
 Où la sphère du vivant s'est développé

Pollution Atmosphérique: Forces en action

Dans les basses couche de l'atmosphère (troposphère), le vent résulte de l'équilibre entre :

Forces horizontales

Les forces de pression

La force de Coriolis

Les forces de frottement

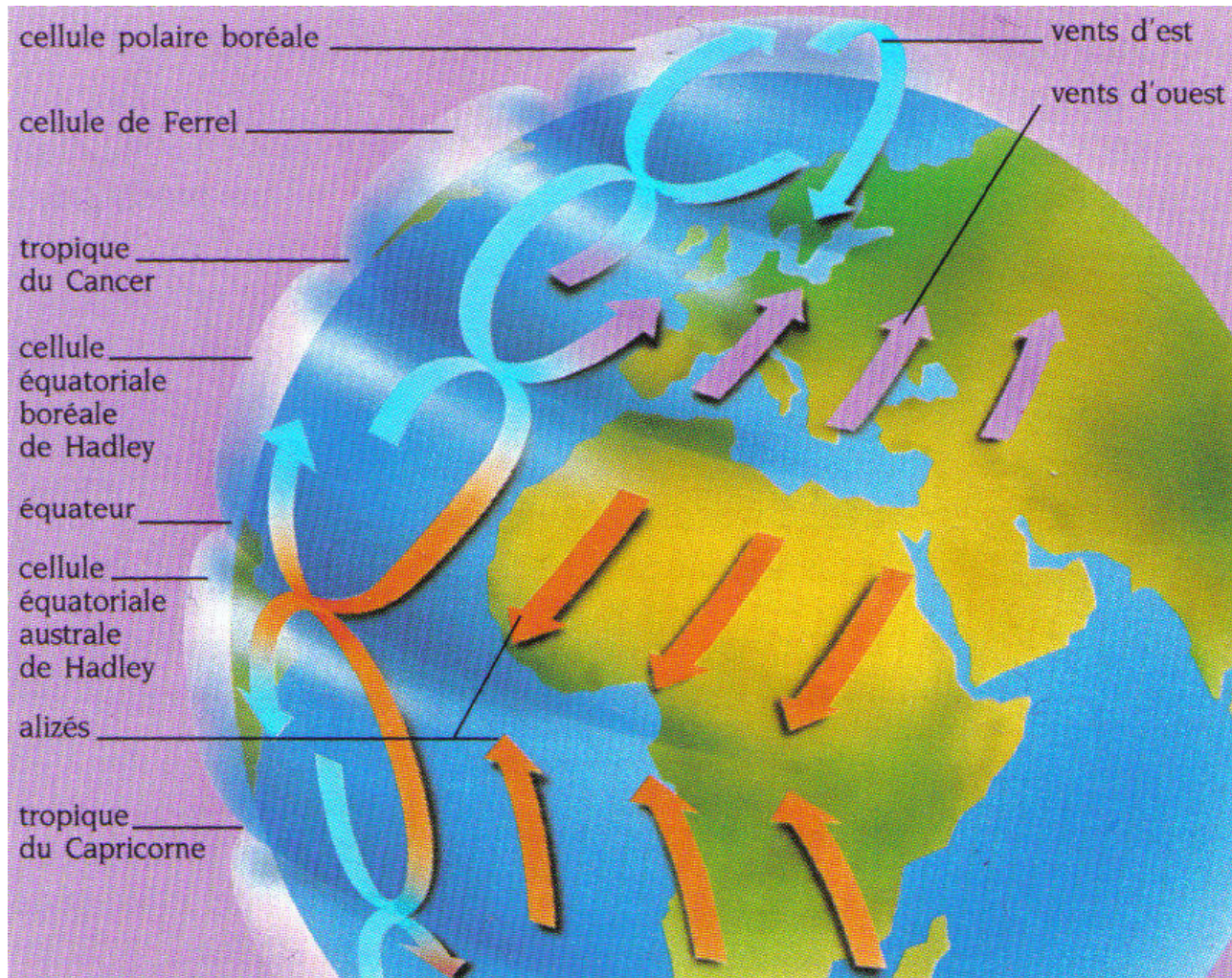
Forces verticales

La pesanteur

La pression atmosphérique

La circulation générale est principalement régie par des considérations d'ordre thermique

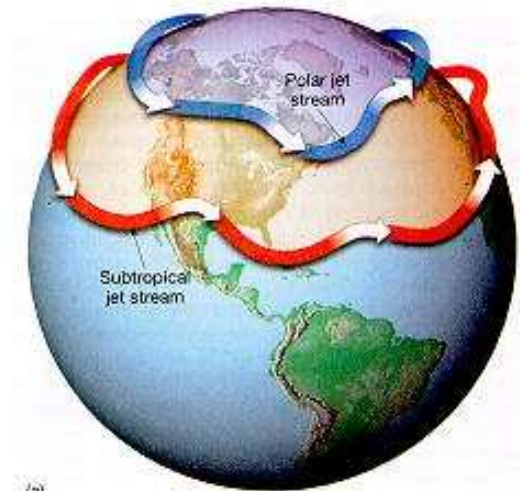
Pollution Atmosphérique: Circulation atmosphérique



3 cellules thermiques

- La cellule de Hadley
- La cellule de Ferrel
- La cellule Polaire

Jet-stream



Pollution Atmosphérique: composition d'un air pur

LES CONSTITUANTS PERMANENTS DE L'ATMOSPHÈRE TERRESTRE	
élément	% en volume
N ₂ (Azote)	78.11
O ₂ (Oxygène)	20.95
Ar (Argon)	0.93
Ne (Néon)	18.2 10 ⁻⁴
He (Hélium)	5.2 10 ⁻⁴
Kr (Krypton)	1.1 10 ⁻⁴
H ₂ (Hydrogène)	0.5 10 ⁻⁴
CH ₄ (Méthane)	2.0 10 ⁻⁴
N ₂ O (Oxyde azoteux)	0.5 10 ⁻⁴

99 %

Gaz rares

Gaz permanents

Gaz à teneur variable



Ces concentrations évoluent dans le temps du fait de l'homme et de ses activités

Pollution Atmosphérique: caractéristiques

Paramètres conditionnant le passage dans l'atmosphère

La pression (ou tension) de vapeur

tension de vapeur à 20°C (en Pascal)	tension de vapeur à 20°C (en mm Hg)	Vol atilité
$>100 \text{ Pa}$	$> 0,75 \text{ mm}$	<i>Produit très volatil</i>
$1,3 \cdot 10^{-4} < \dots \leq 100 \text{ Pa}$	$10^{-6} < \dots \leq 0,75 \text{ mm}$	<i>Produit volatil</i>
$0,4 \cdot 10^{-4} < \dots \leq 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}$	$0,3 \cdot 10^{-6} < \dots \leq 10^{-6} \text{ mm}$	<i>Produit peu volatil</i>
$\leq 0,4 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}$	$\leq 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ mm}$	<i>Produit non volatil</i>

Constante de Henry

Point d'ébullition

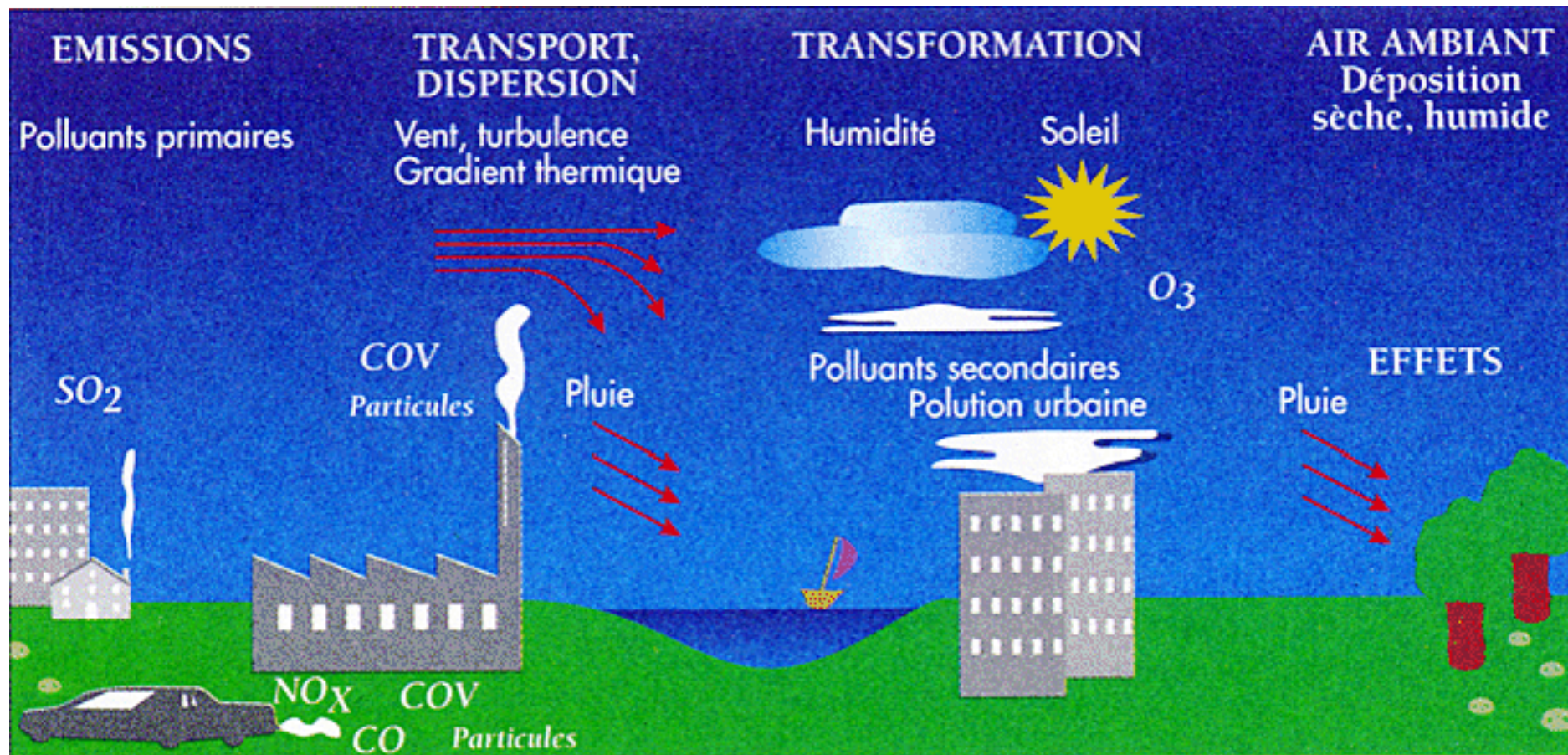
Paramètres conditionnant le devenir dans l'atmosphère

Demi vie (Dégradation)

Temps de résidence

+ influences des paramètres atmosphériques

Pollution Atmosphérique: Globalement



- Emissions
- Dispersion
- Transformation chimique
- Retour au sol (Immission)

Pollution Atmosphérique: Principaux polluants

- 2 catégories:**
- Polluants primaires, émission directe
 - Polluants secondaires, développement par transformation chimique

Particules solides – poussières

CO₂ - Dioxyde de carbone

SO₂ - Dioxyde de soufre

NO_x - Oxydes d'azote (NO_x: NO, NO₂)

CO - Monoxyde de carbone

O₃ - Ozone

CH₄ – Méthane

COV - Composés organiques volatiles

N₂O - Protoxyde d'azote

CFC – Chlorofluorocarbures (C_nF_mCl_p)

HFC – Hydrofluorocarbures (C_nH_mF_p)

Air pollué brun
Villes à forte circulation
Quelques centaines de
mètres d'altitude
(avec les poussières).



PFC – Perfluorocarbures (C_nF_{2n+2})

SF₆ - Hexafluorure de soufre

HCl – Acide chlorydrique:

HF - Acide fluoridrique:

H₂S – Sulfure d'hydrogène

Métaux lourds

Pollution Atmosphérique régionale: Transformation

Pollution photochimique (ou pollution photo-oxydante)



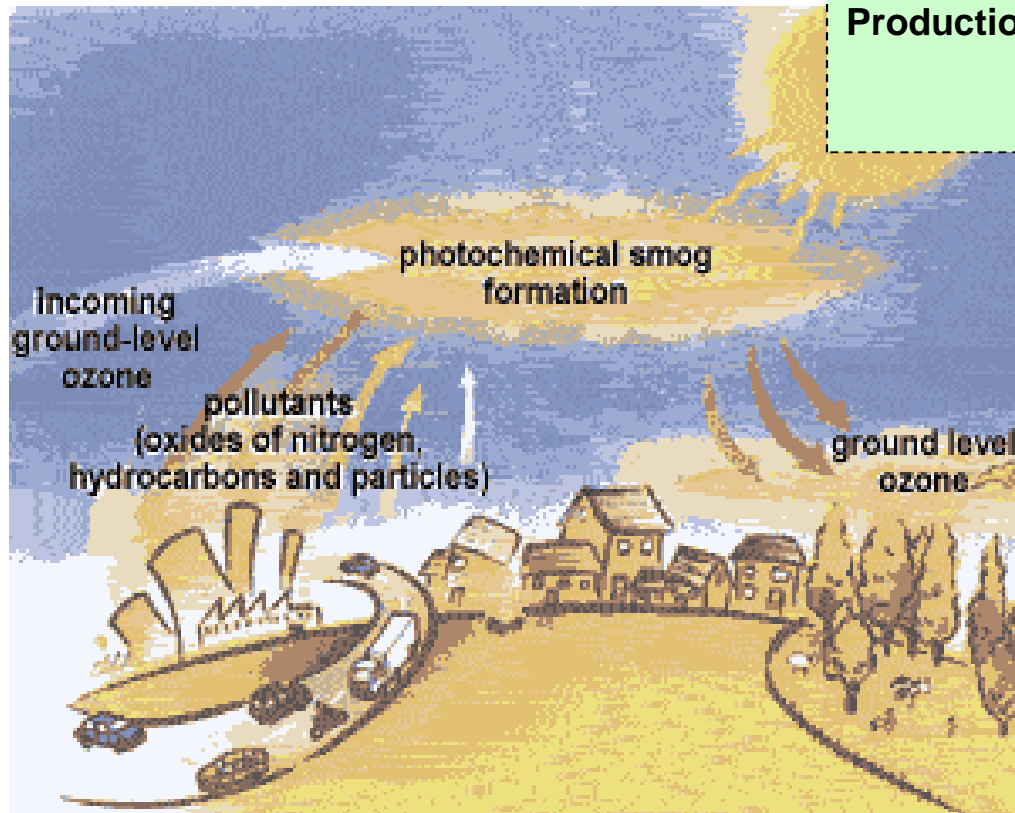
Les [O₃] mesurées loin des sources des précurseurs (ex: agglomération) sont plus élevées que celles mesurées près des sources.

Dissociation du dioxyde d'azote: $\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}$

Synthèse de l'ozone: $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$

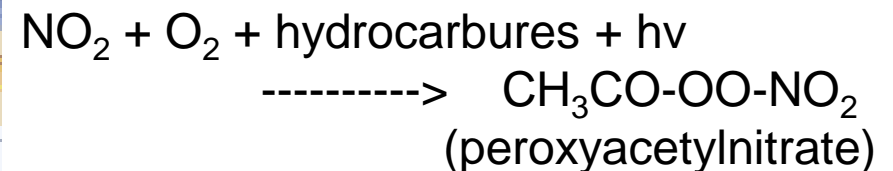
Production d'ozone limité: $3\text{NO} + \text{O}_3 \rightarrow 3\text{NO}_2$

$\text{NO} + \text{O}_3 \rightleftharpoons \text{NO}_2 + \text{O}_2$



Exemple plus complexe:

Les PAN : peroxy acétyl nitrate



Pollution Atmosphérique : Acidification

- Liée aux polluants acides (SO_2 , NO_x , NH_3 , HCl , HF) et indirectement l' O_3
- Due principalement: combustion d'énergie fossiles

Retombées **sèches** (gaz, aérosol, particules),

Retombées humides (pluies, brouillards)

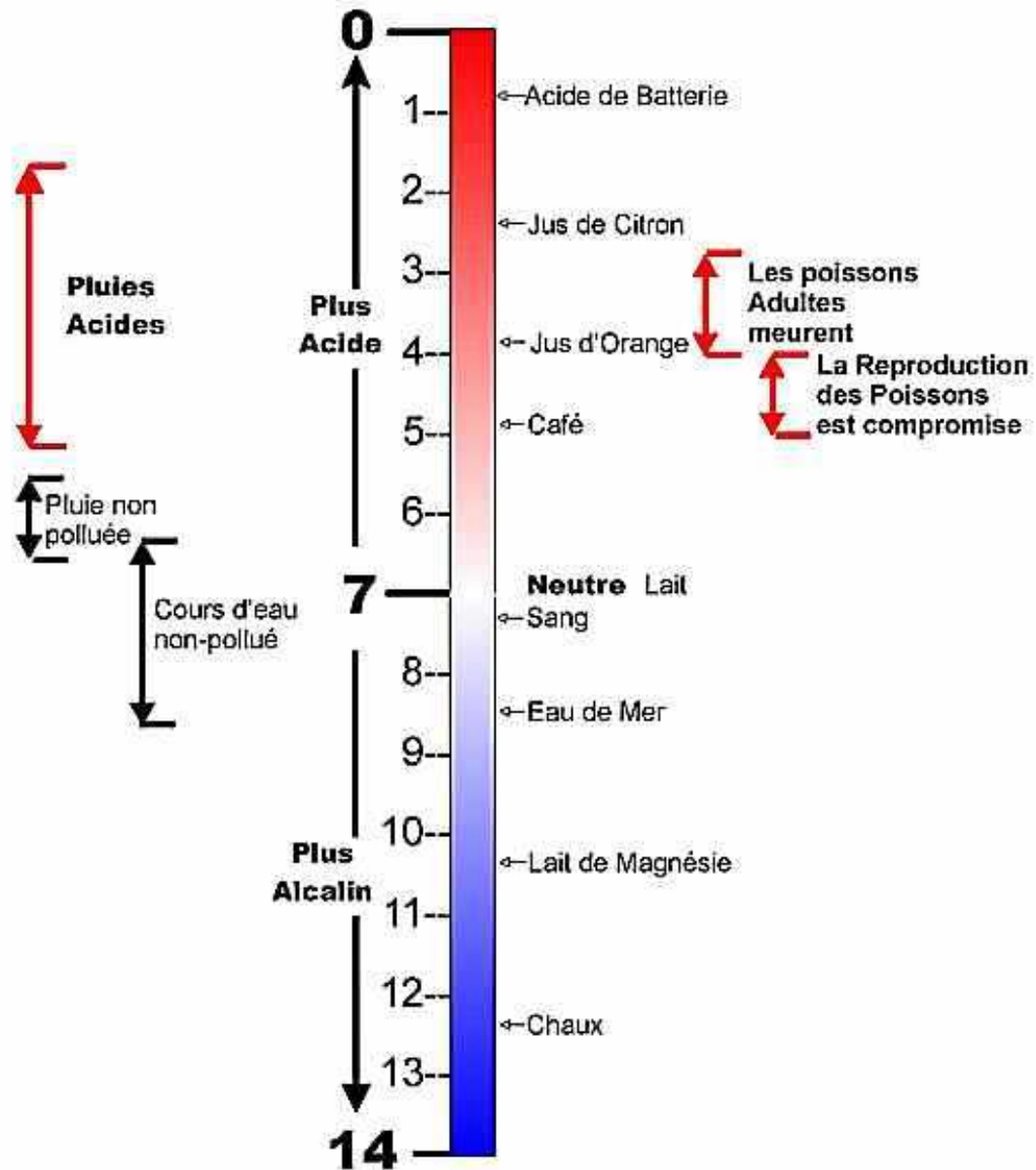
➤ Atmosphère sèche: $\text{SO}_2 \rightarrow$ sulfates (SO_4^{2-}) et $\text{NO}_x \rightarrow$ nitrates (NO_3^{2-})

➤ Atmosphère humide. $\text{SO}_2 \rightarrow$ acide sulfurique (H_2SO_4) et $\text{NO}_x \rightarrow$ acide nitrique (HNO_3)



How acid rain affects stonework.
The picture on the left was taken in 1908.
The picture on the right was taken in 1968

L'échelle du pH



Pollution Atmosphérique : Appauvrissement en O_3 stratosphérique

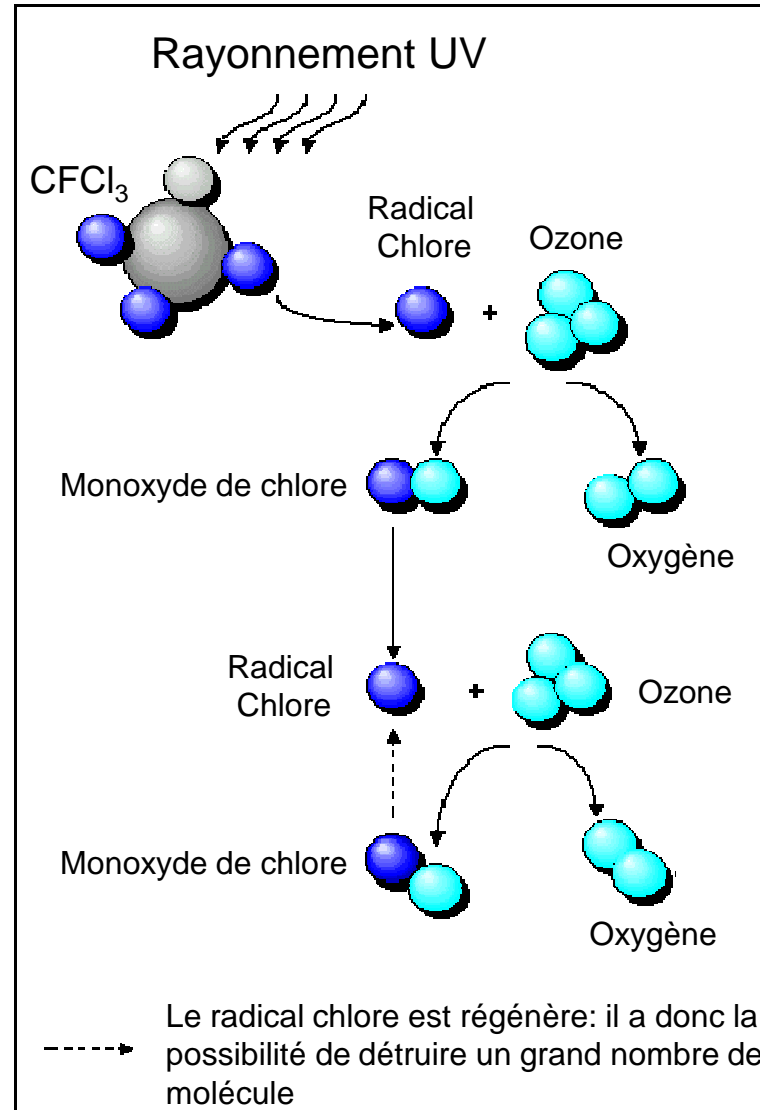
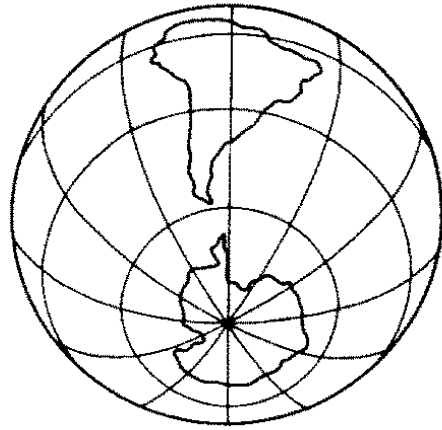
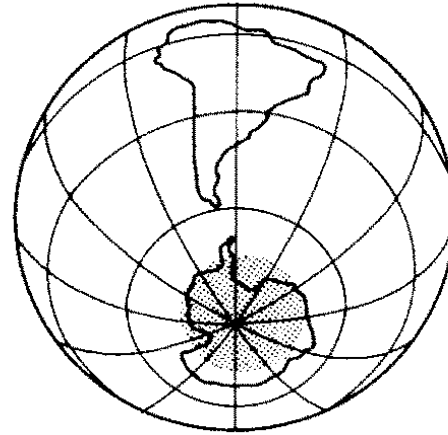


Schéma de la croissance du trou antarctique

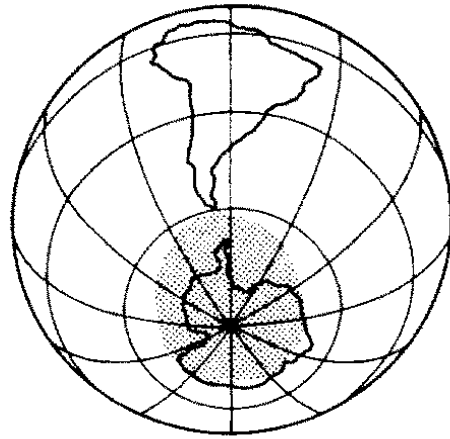
1979



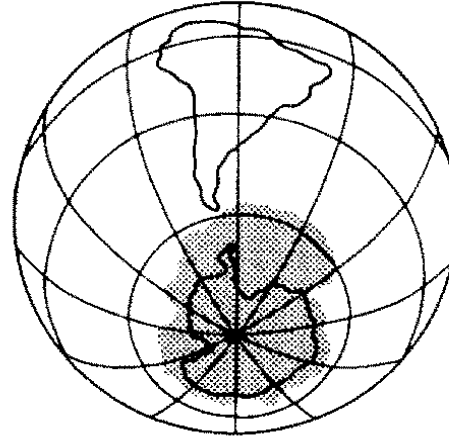
1986



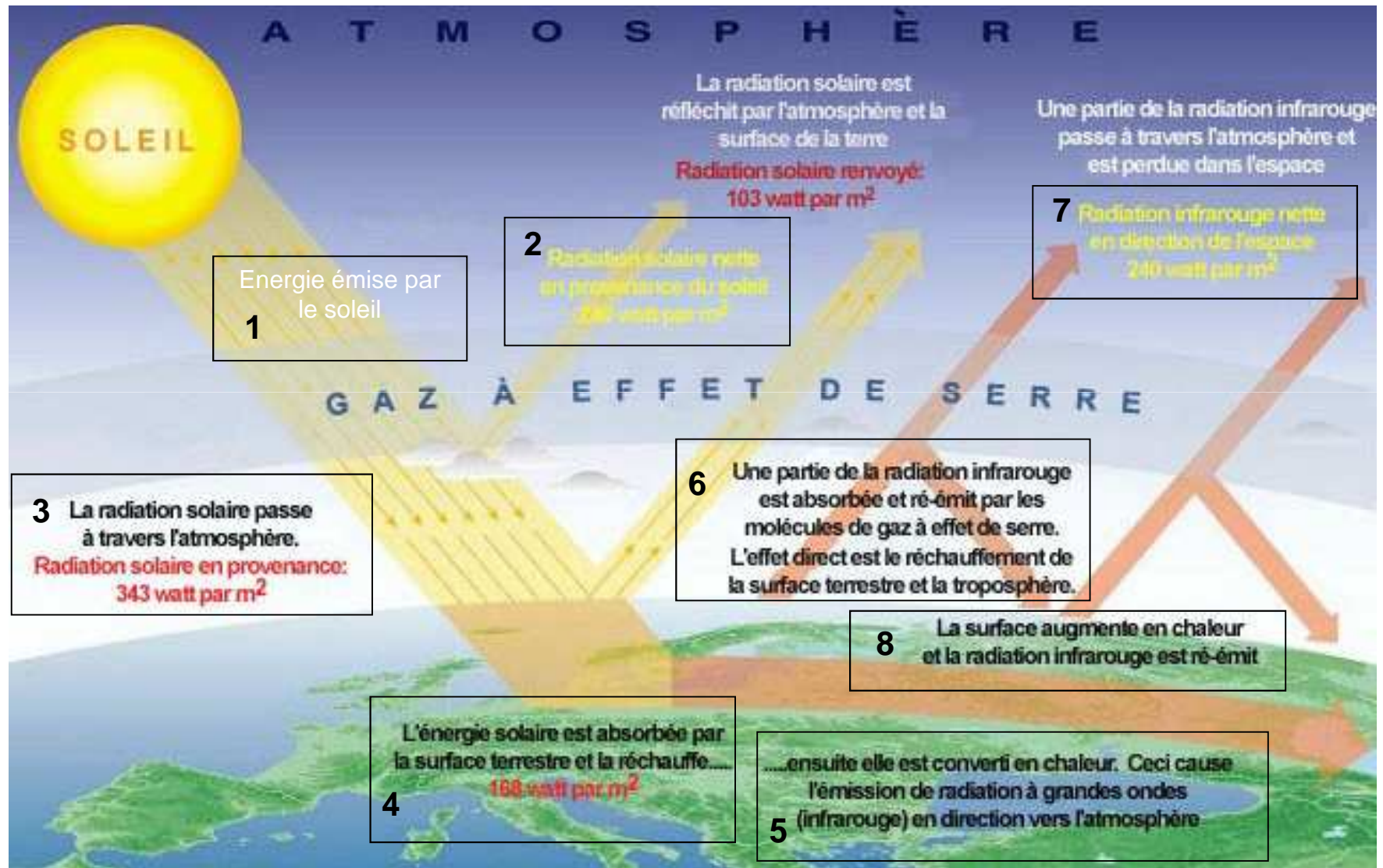
1991



1996



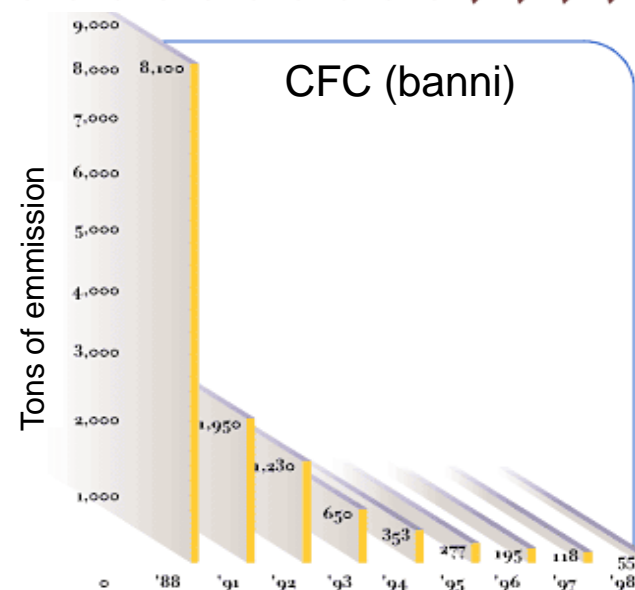
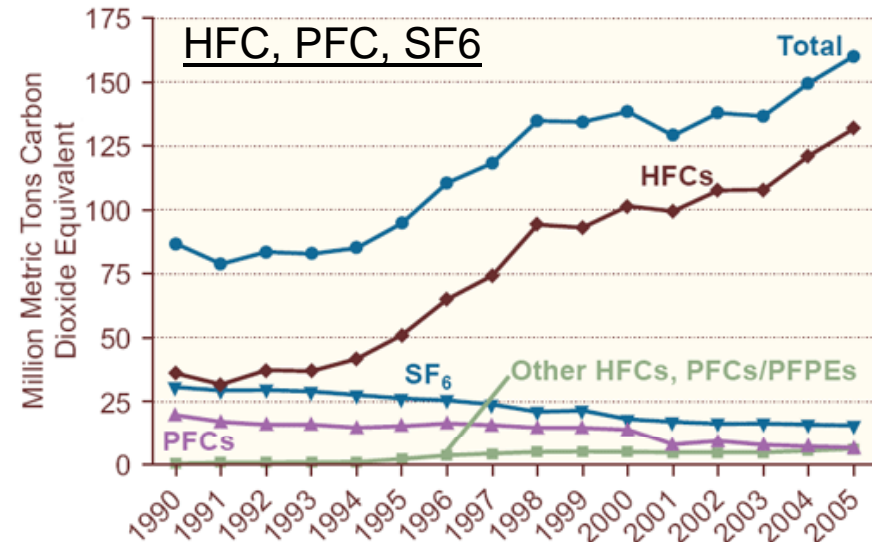
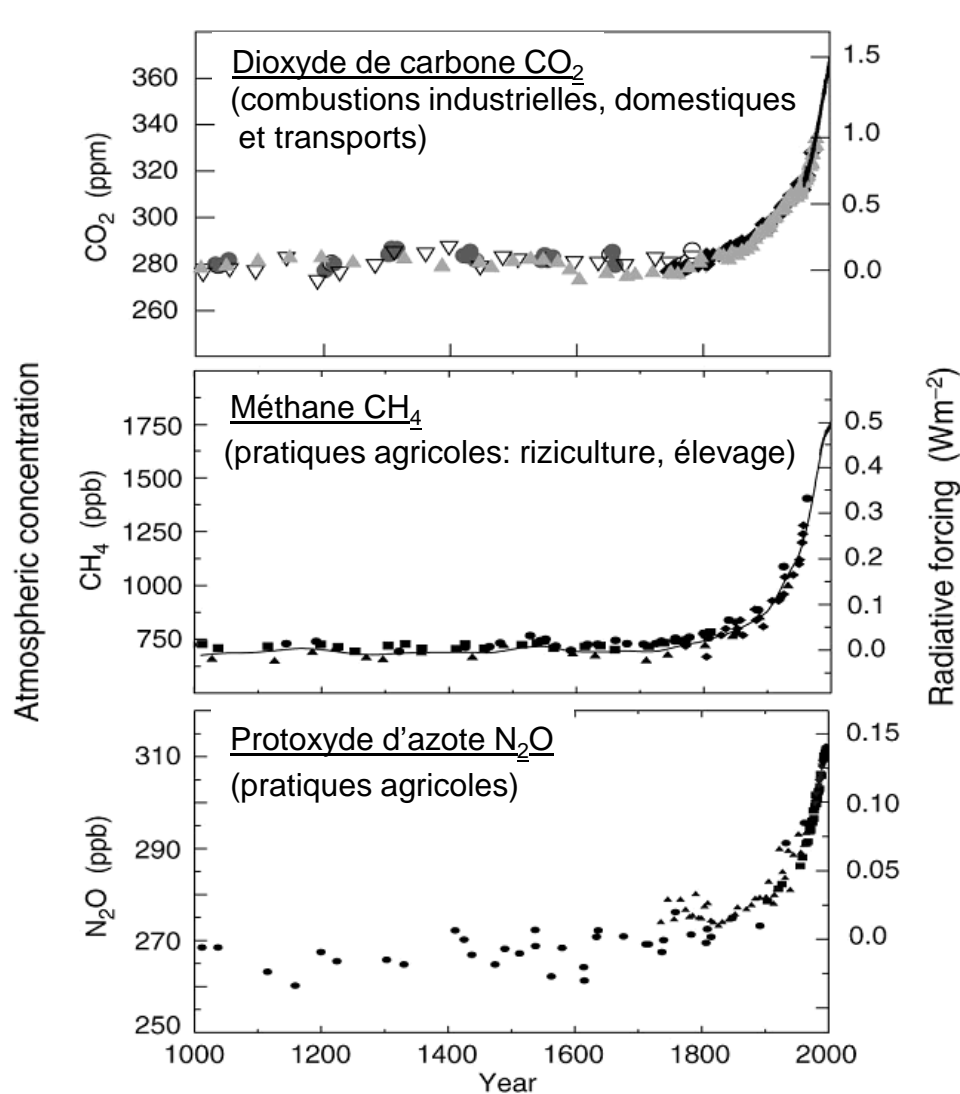
Pollution Atmosphérique : Accroissement de l'effet de serre



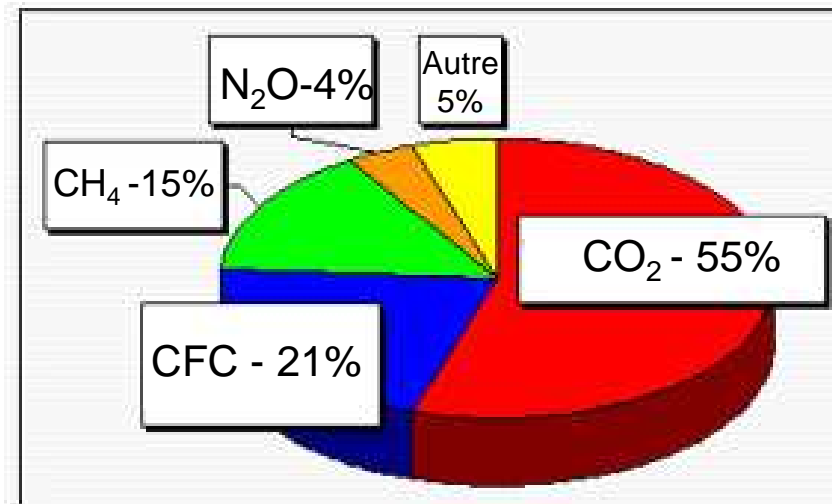
Pollution Atmosphérique globale: effet de serre

Accroissement de l'effet de serre

➤ Depuis l'ère industrielle, il y a accroissement global de la concentration des gaz à effet de serre:

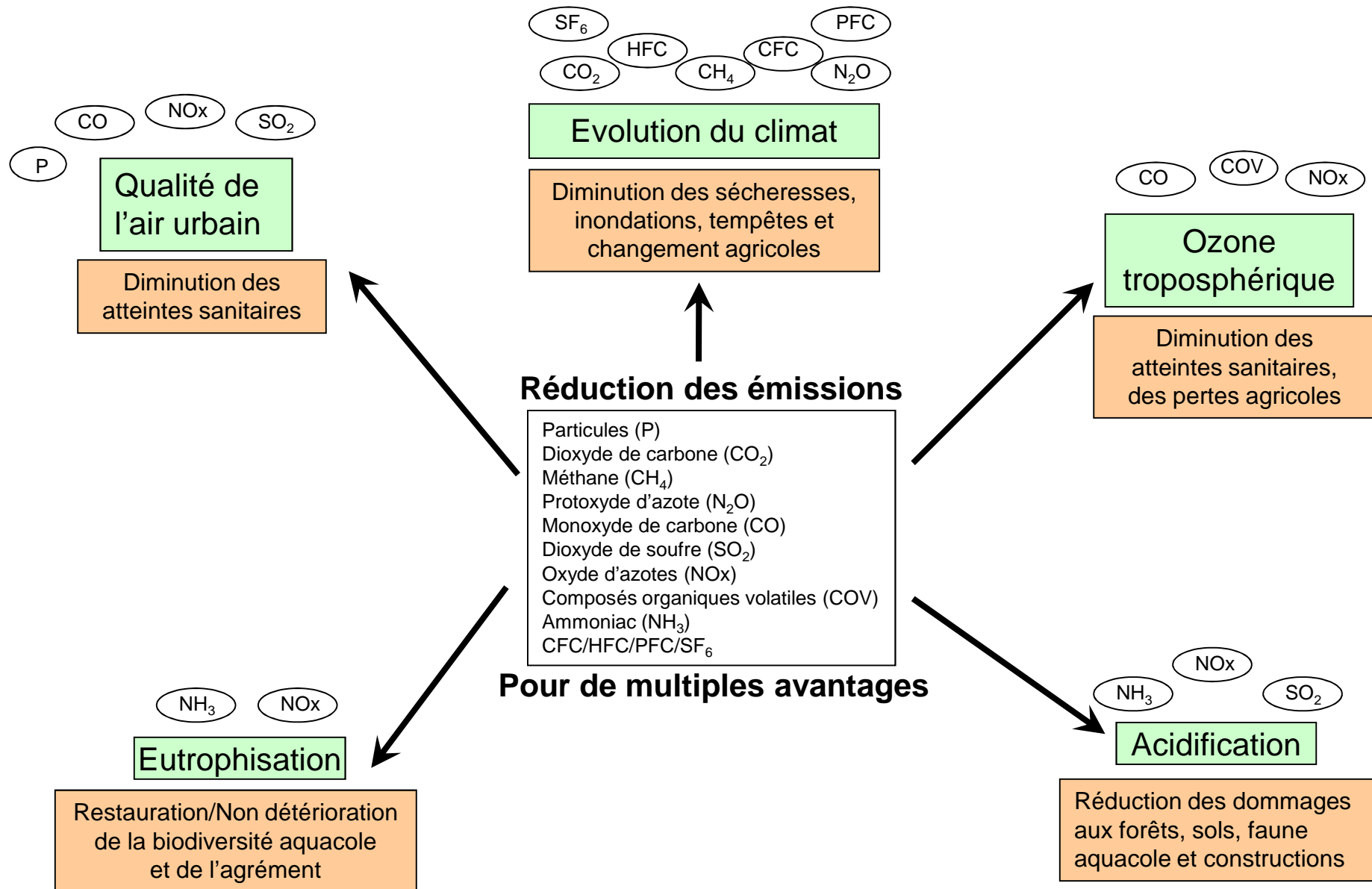


gaz à effet de serre	formule	PRG	Durée de séjour (ans)
dioxyde de carbone	CO ₂	1	200 (variable)
méthane	CH ₄	23	12,2±3
protoxyde d'azote	N ₂ O	310	120
dichlorodifluorométhane (CFC-12)	CCl ₂ F ₂	6 200-7 100	102
chlorodifluorométhane (HCFC-22)	CHClF ₂	1300-1400	12,1
Perfluorocarbures	C _n F _{2n+2}	7400 à 12200	
tétrafluorure de carbone	CF ₄	6500	50 000
Hydrofluorocarbures	C _n H _m F _p	120 à 14800	
hexafluorure de soufre	SF ₆	23 900	3 200



Contribution des différents gaz à effet de serre anthropiques (2001)

Pollution Atmosphérique globale: Et maintenant ?



II Pollution édaphique

le sol ?



- Couche superficielle, meuble, de la croûte terrestre
- Milieu **poreux complexe**: 30 à 60% de vides (air ou eau)
- Formé d'une fraction **minérale** et de matière **organique** (humus)

➤ Riche en organismes vivants

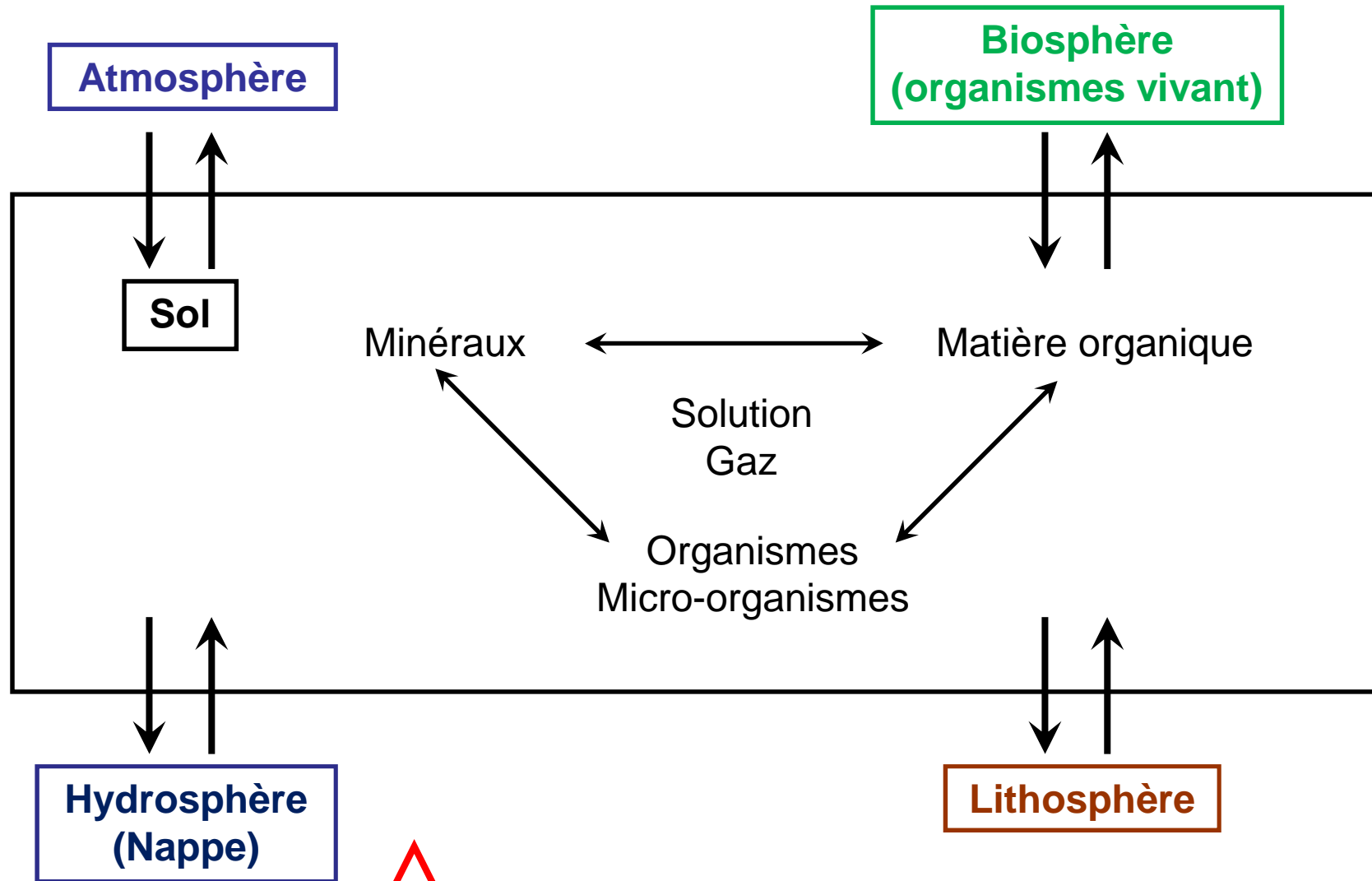
Mega-organismes

Macro-organismes ($\emptyset > 2$ mm)

Méso-organismes ($\emptyset 0,1-2$ mm)

Micro-organismes ($\emptyset < 0,1$ mm)

Le sol, une interface atmosphère-hydrosphère-biosphère-lithosphère



Propriétés épuratrice du sol: filtre

Pollution terrestre: Dommages ?

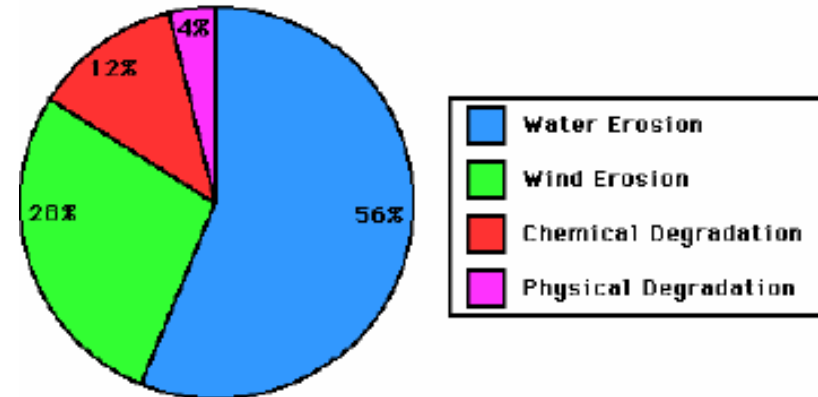
➤ Altération physique

- érosion
- compaction
- perte de matière organique
- scellement, excavation

➤ Altération chimique

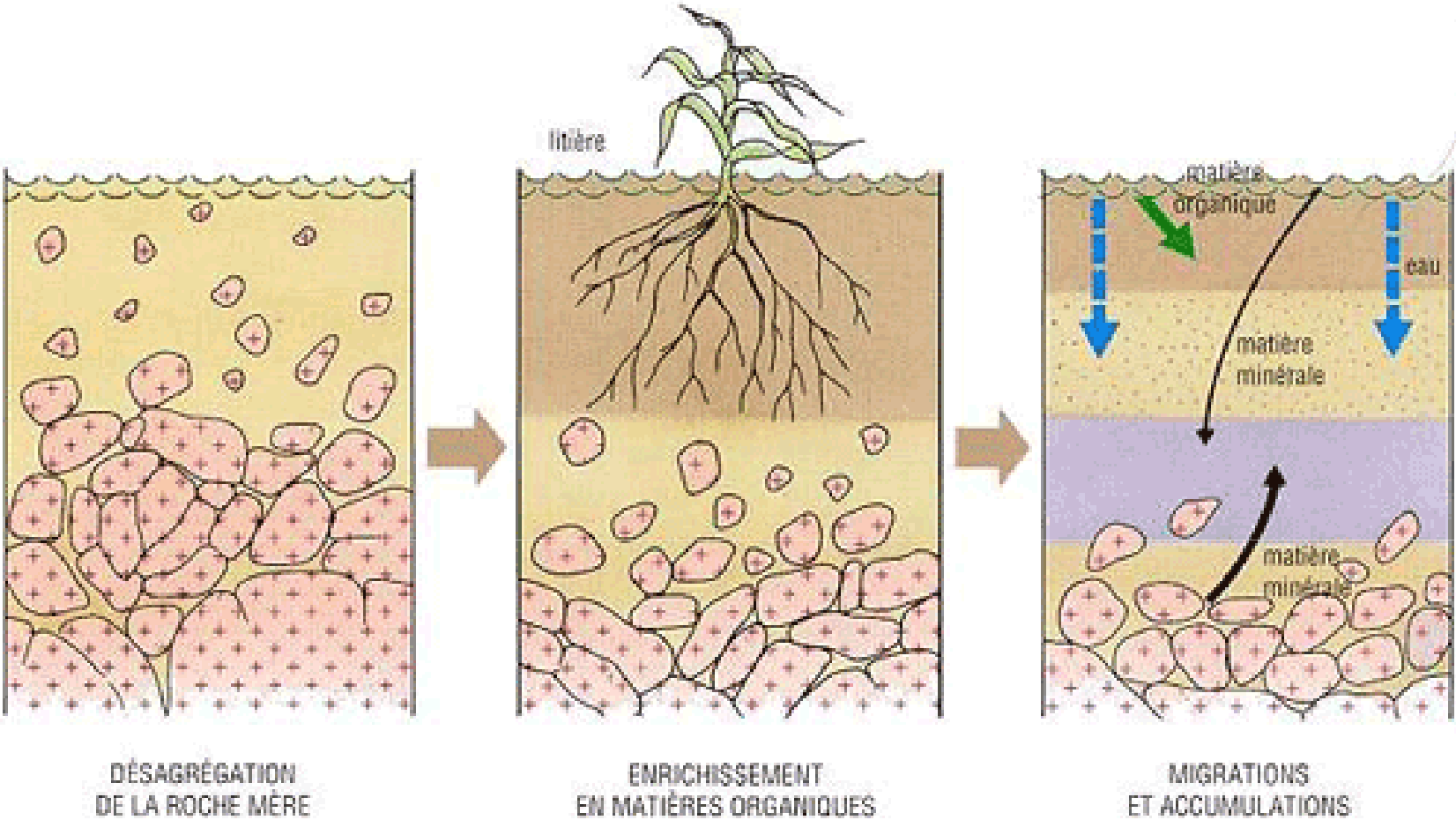
- acidification
- salinisation (agriculture, irrigation)
- contamination (organique, inorganique)

World-Wide Soil Degradation
Mechanisms for all Land-Use Types

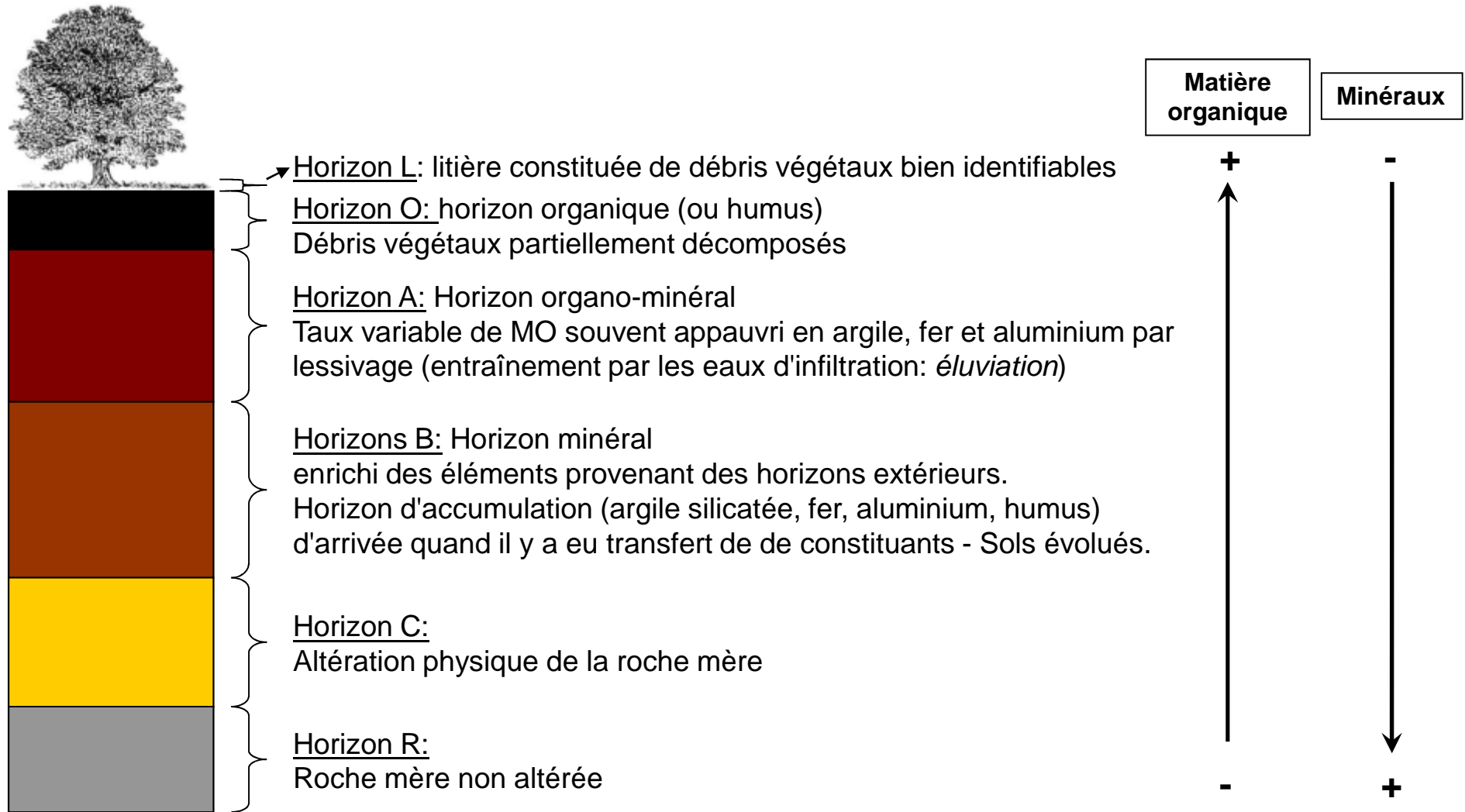


Oldeman, L.R., R.T.A. Hakkeling, and W.G. Sombroek. 1990.
World Map of the Status of Human-Induced Soil

Pollution terrestre: Formation des Sols

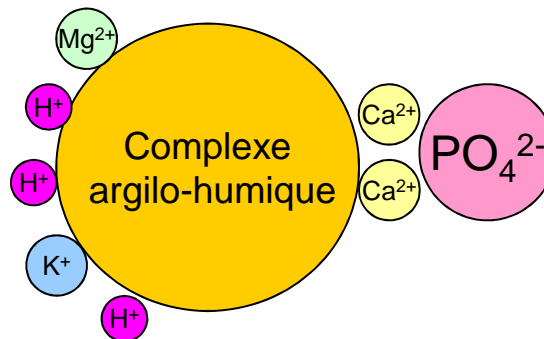


Pollution terrestre: les horizons du sol



Pollution terrestre: le sol un réacteur chimique !!!

Association organo-minéral (complexe argilo-humique)



Pollution terrestre: caractéristiques

La pression (ou tension) de vapeur

Le passage dans l'air d'une molécule est fonction de la tension de vapeur

Demi vie (Dégradation)

Solubilité

Kow (Coefficient de partage n-octanol/eau)

Ratio entre la concentration d'un produit chimique dans l'eau et dans l'octanol (à l'équilibre et à une température spécifiée).

➔ **Accumulation dans le compartiment biologique**

$$Kow = \log \left(\frac{[X]_{n\text{-octanol}}}{[X]_{\text{eau}}} \right)$$

Peu dans la phase octanol: peu dans les organismes vivants
Beaucoup dans la phase octanol: beaucoup dans les êtres vivants
et fixé à la matière organique

Si Kow = 4: substance est 10000 fois plus concentrée dans le n-octanol que dans l'eau.

Fortement hydrophobe/lipophile: risque de concentration important (tissu adipeux, lipides, lait)

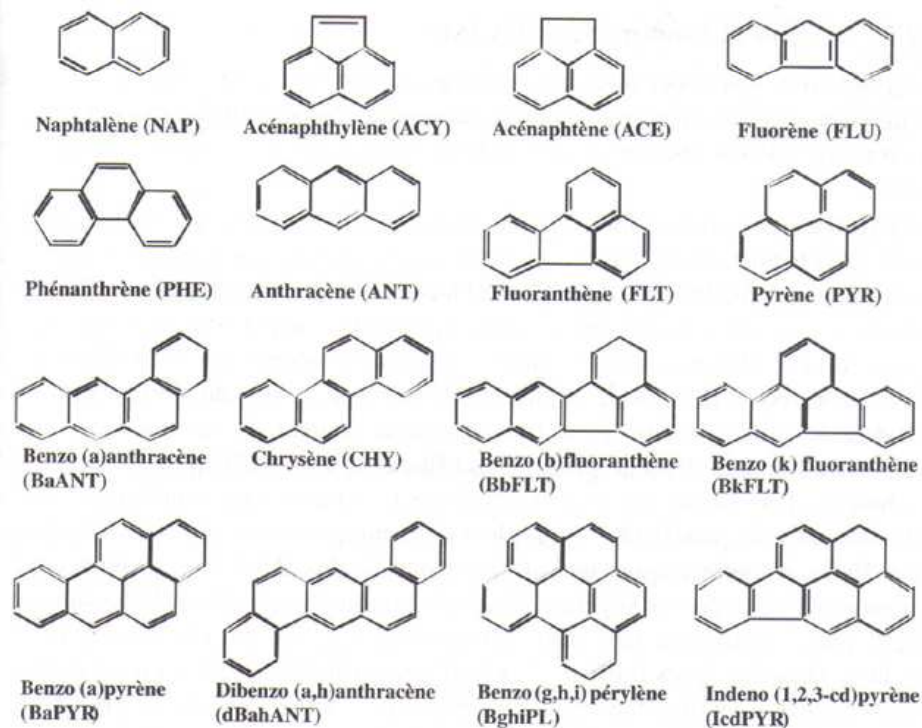
Kd (Coefficient de partage: sol/eau, sédiment/eau, MES/eau)

Pollution terrestre: Principaux polluants organiques

Hydrocarbures pétroliers: supercarburant, gasoil, kérosène, white spirit

HAP – Hydrocarbures aromatiques polycycliques :
combustion et combustible

- Forte hydrophobicité (K_{ow}): formation de liaisons avec les régions hydrophobe de la MO
 - ➔ Persistance dans l'environnement (sol, sédiments)
- Toxicité: cancérigène, mutagène (biotransformation: métabolites se fixent sur les protéines, l'ARN, l'ADN)



Structure des 16 HAP prioritaire de l'EPA, par ordre croissant de nombre de noyaux benzeniques

HAP	Solubilité (mg l ⁻¹)	Log Kow	Temps de demi-vie en jours (j) ou ans (a)
Naphtalène	33	3,37	16 - 48 j
Fluorène	1,685	4,18	32 - 60 j
Phénanthrène	1,6	4,46	16 - 200 j
Anthracène	0,075	4,45	50 j - 1,3 a
Fluoranthène	0,265	5,33	140 j - 1,2 a
Pyrène	0,175	5,18	210 j - 5,2 a
Benzo(a)anthracène	0,01	5,61	102 j - 1,9 a
Chrysène	0,006	5,61	1 - 2,7 a
Benzo(a)pyrène	0,002	5,98	57 j - 1,5 a
Dibenzo(ah)anthracène	n.d.	5,97	361 j - 2,6 a
Benzo(a)fluoranthène	n.d.	6,57	360 j - 1,7 a
Benzo(k)fluoranthène	n.d.	6,84	2,5 - 5,9 a
Benzo(ghi)pérylène	n.d.	7,23	0,25 - 1,8 a
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	n.d.	7,66	1,6 - 2 a

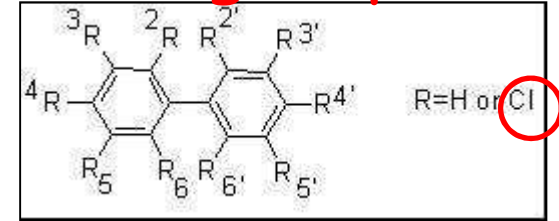
particulièrement volatil (léger)

Solubilité, hydrophobicité et persistance dans l'environnement des principaux HAP



Pollution terrestre: Principaux polluants organiques

PCB – Polychlorobiphényles



➤ Organochlorés (209 substances apparentées)

➤ isolation électrique

➤ lubrification

➤ fluides caloporteurs ou isolants,

➤ adhésifs, peintures, papiers autocopiants sans carbone. thermique/chimique,

➤ résistance au feu (inflammable)

➤ Présence dans l'environnement **uniquement anthropique**:

➤ **Production interdite en 1985.**

➤ **Leur utilisation doit être définitivement arrêtée pour 2010**

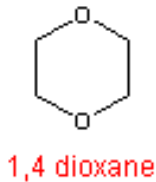
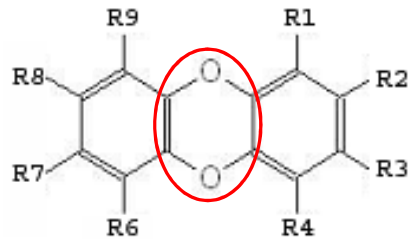
➤ Relativement insolubles dans l'eau, Kow élevé (peu mobile dans les sols): **persistant** dans les sols

Toxicité: cancérigène, effets dermatologiques, immunitaires, gastro-intestinaux, hépatiques, endocriniens, neurologiques, génitaux

Transport longue distance, bioaccumulation, persistance

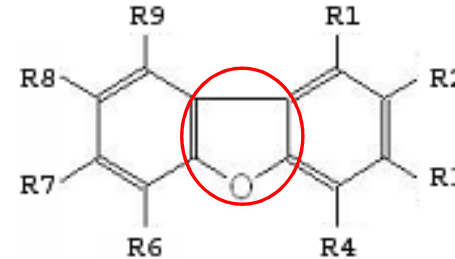
Pollution terrestre: Principaux polluants organiques

PCDD-Polychlorodibenzo-dioxines et PCDF- Polychlorodibenzo-furanes



1,4 dioxane

R= Cl ou H, au moins un par Benzène



Tétrahydrofurane

➤ Issues d'une **production involontaire liée des phénomènes thermiques**:

- Le chauffage en présence d'oxygène, (> 300°C) de certains précurseurs de type HAPHalogénés (PCBs, polychlorophénols) → formation de furanes.
- Le chauffage de molécules organiques quelconques en présence d'une "source de chlore" et d'oxygène moléculaire

➤ **Origine naturelle**: combustions naturelles (feux de forêts, activité volcanique)

➤ Réservoirs potentiels de PCDD/PCDF: Bois traités au pentachlorophénol (fongicide), Transformateurs électriques (PCBs), Boues d'épuration (épandage), Sols et sédiments contaminés

➤ **Demi-vie longue très longue** (jusqu'à plusieurs années)

➤ Absorption par les plantes

➤ **Lipophile: bioaccumulation**



Principale source d'exposition: l'alimentation
Accumulation le long des chaîne alimentaires (HAPH)

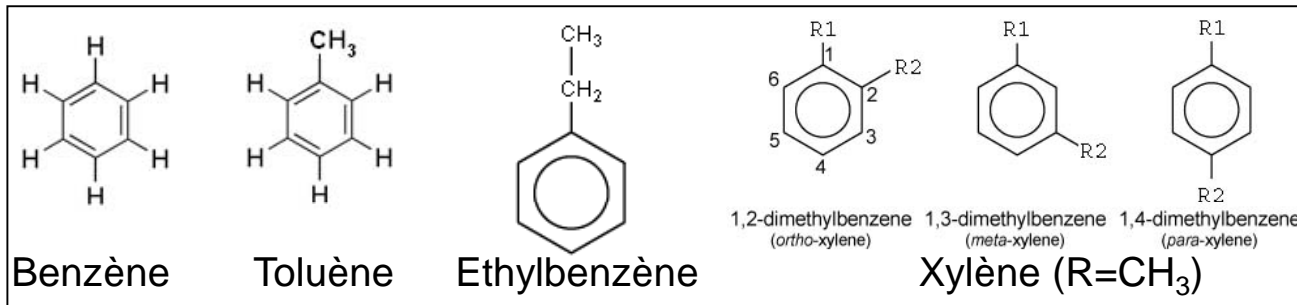
Cancérogène, tératogène (produit des malformations chez les nouveaux-nés)
Maladies de peaux (chloracné), Altération du système immunitaire, reproductif et nerveux.
Hépatotoxicité, dysfonctionnements de la thyroïde, diabète.

Pollution terrestre: Principaux polluants organiques

COV- Composés organiques volatils (cf. pollution atmosphérique)

➔ Hydrocarbure aliphatique halogénés de faible poids moléculaire (trichloroéthane, tetrachloroéthylène, trichlorethylène) } Utilisé comme solvant
Polluant très répandus

➔ Composés aromatiques volatils BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène) } Caractéristique des pollutions par des combustibles dérivés du pétrole



Composés organiques mono-aromatiques volatiles

- Hydrocarbure (remplace Pb dans essence sans Pb)
- Industrie: solvant, produit de départ dans la production de pesticide, plastique et fibre synthétiques

Toxicité: **cancérogène** (leucémie: moelle osseuse), **mutagène**
système nerveux central, respiratoires lésions neurobiologique
Benzène: agent intercalant (nucléotide), erreur de lecture/réplication ADN

Pollution terrestre: Principaux polluants organiques

Pesticides

- En France: plus de 500 produit différents incorporés dans plus de 8000 préparations commerciales
- Tonnages utilisés: herbicides > fongicides > insecticides > autres
France: 3.2 kg / ha / an.

Pesticides Organochlorés:

- Dérivés chlorés d'hydrocarbure cycliques et/ou aromatiques (synthétiques)
- Surtout utilisé comme insecticide en agriculture et dans les métier du bois
- Grande stabilité et bioaccumulation

Toxicité (homme):

Court terme (rare): troubles nerveux (convulsions,)

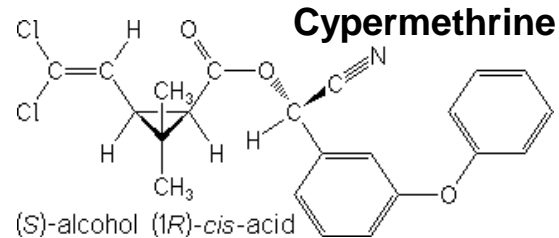
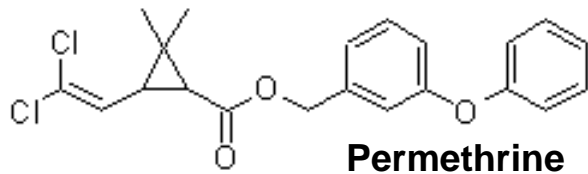
Long terme: trouble immunologique,
hématologique,
reproduction

Le dieldrine interdit en 1974, la *Food and Drug Administration* en retrouva dans 96% de la viande, volaille et poisson consommé aux États-Unis, dans 85% des produits laitiers et dans la chair de 99,5% des Américains

Pollution terrestre: Principaux polluants organiques

Pesticides- Pyréthriinoïdes de synthèse: Insecticide

- similaire aux Pyréthrines naturelles (fleurs du pyrèthre ou des chrysanthème)
- perturbent la conduction nerveuse en ralentissant la fermeture des canaux sodique
- Photodégradables



Cyfluthrine, Cyperméthrine

- Kow et Koc fort: se fixent sur la matière organique des sol et des sédiments
- Durée de demi vie dans le sol faible (30j).
- Solubilité faible mais largement suffisante pour engendrer des effets toxiques

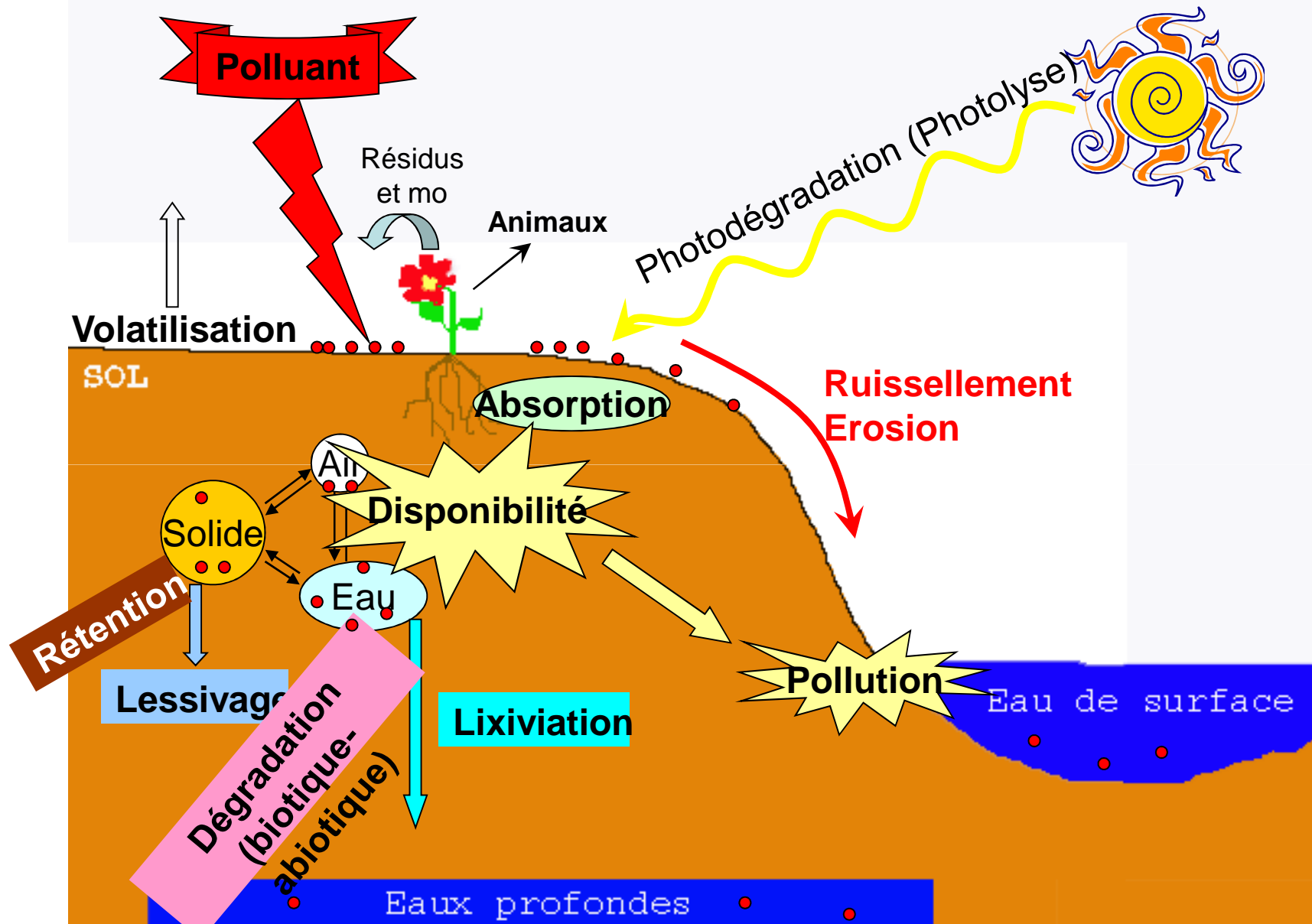
Intoxication aigue: Désordres cérébraux , polyneuropathie, diminution de l'immunité

Effet chronique: Perturbation du système hormonal, Cancérigènes possibles, immunotoxiques

Toxicité très forte: poissons (cyperméthrine, cyfluthrine, perméthrine), insectes aquatiques (perméthrine).

Toxique: abeilles, autres insectes utiles, araignées (cyperméthrine, cyfluthrine, perméthrine)

Pollution terrestre: Devenir des polluants organiques



Lixiviation: Entrainement des sels solubles plus ou moins dissociés en ions

Lessivage : Entrainement des argiles fines dispersées (montmorillonite)

Chéluviation : Entrainement des complexes Fe et Al – Matière organique

Pollution terrestre: Principaux polluants

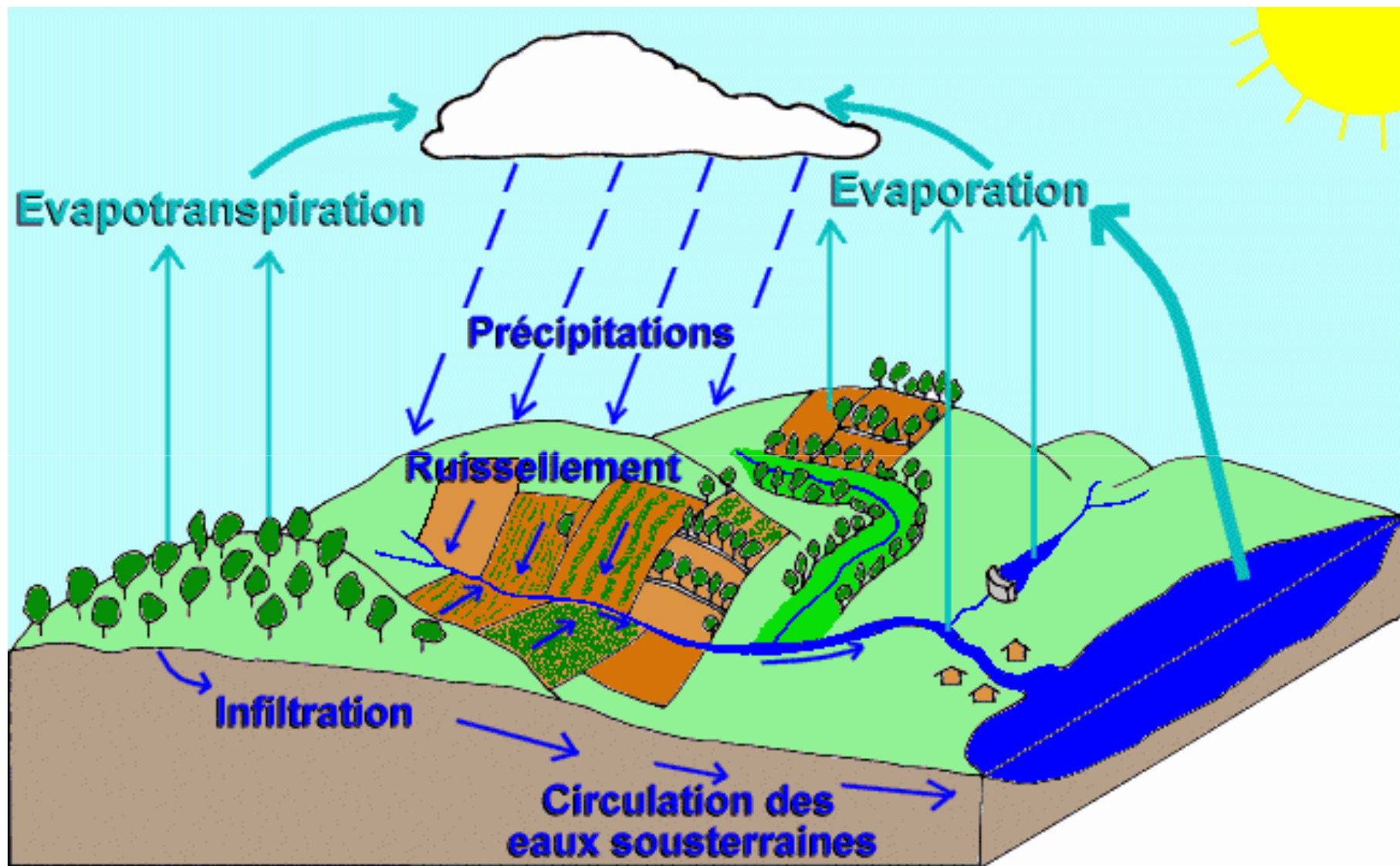
Les 10 principaux polluants des sols industriels seuls ou en mélange

•Hydrocarbures	38.45 %	•Cu	12.46 %
•HAP	15.93 %	•As	10.51 %
•Pb	15.90 %	•Zn	10.20 %
•Cr	13.48 %	•Ni	8.78 %
•Solvant halogénés	12.93 %	•Cd	5.70 %

Plus de 1 500 000 sites suspectés contaminés en Europe (15 pays – ESTC, 1998)

II Pollution aquatique

Pollution aquatique: Cycle de l'eau



- Circulation sous l'effet de l'énergie (eau à l'état de vapeur)
- Circulation sous l'effet de la gravité (eau à l'état liquide)



Pollution aquatique: l'eau ?

- L'eau occupe plus de 70 % de la surface planétaire
- Volume approximatif de l'eau: 1 386 000 000 km³ (x 10*10⁹ L)

➔ moins de 1 % disponible ➔ ressource non infinie

Les réservoirs	Les stocks (%)	Tps de résidence
Océans	97.4	2 500 ans
Eaux continentales	2.6	
Glaciers	2.0	1 600 - 9 700 ans
Eaux souterraines	0.6	1 400 ans
Mers intérieures	0.01	250 ans (mer Caspienne: 80% du volume d'eau)
Lacs d'eau douce	0.01	1 (petit lacs) - 17 ans (grands lacs)
Rivières	0.0001	16 jours
Humidité des sols	0.01	1 an
Atmosphère (humidité de l'air)	0.001	8 jours
Biosphère (cellules vivantes)	0.0001	quelques heures

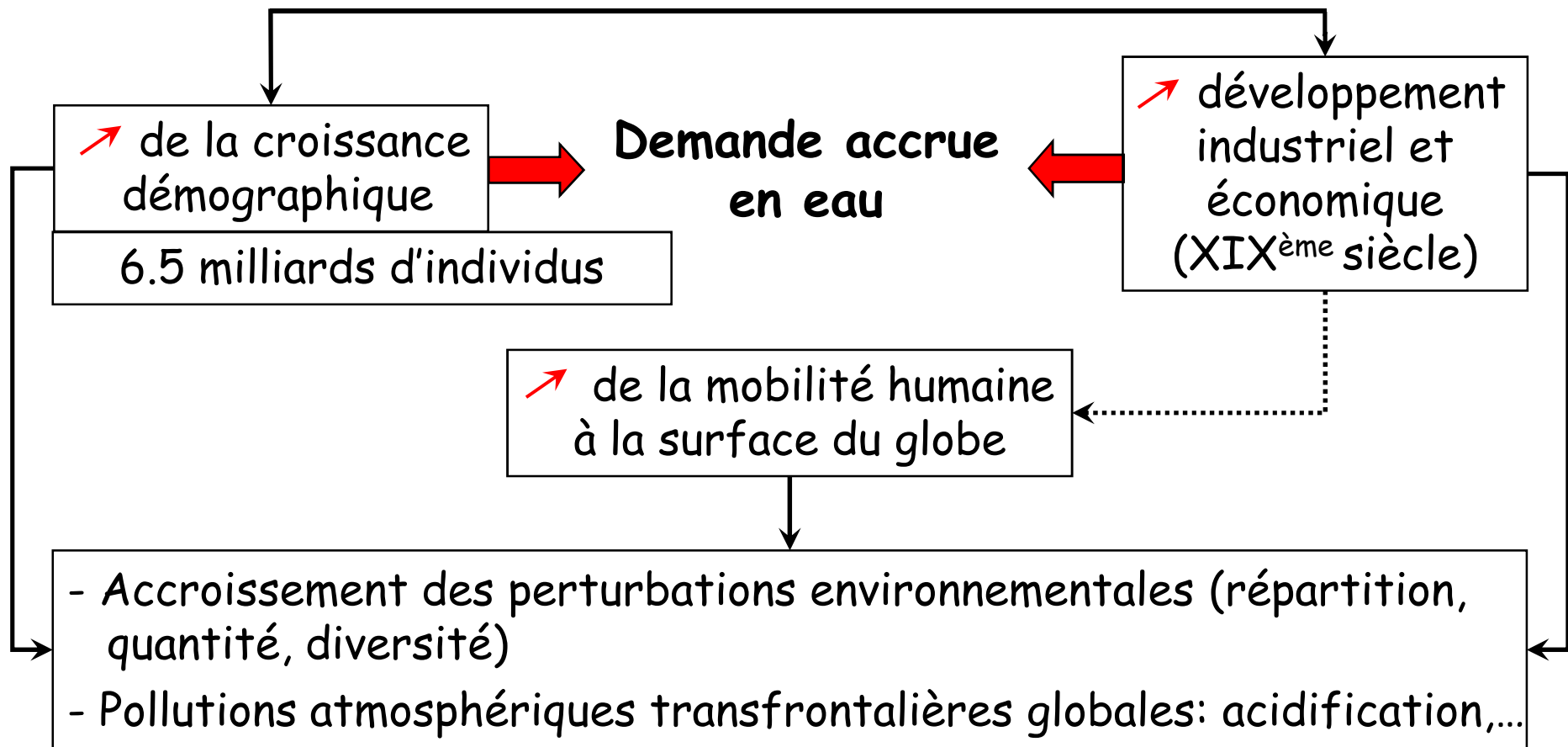
Pollution aquatique: disponibilité de l'eau



Pressions exercées sur l'Asie: Abrite 60% de la population mondiale et ne possède que 36% des ressources en eau de la planète.

- 6.5 milliards d'habitants se partagent déjà 54% de l'eau douce accessible (rivières, lacs, aquifères)
- Selon certaines estimations: partage de 70% de ces ressources accessibles d'ici 2025





Pollution aquatique: utilisation de l'eau douce

	Agriculture (principalement irrigation)	Industrie	Utilisation domestique (tâches ménagères, eau potable, assainissement)
Planète	70%	22%	8%
Afrique	88%	5%	7%
Europe	33%	54%	13%

Utilisation de l'eau douce prélevée par l'homme

Agriculture

➤ Terres utilisés par l'élevage et la culture: 37% (1.5 milliard ha)

➔ Augmentation de 12% depuis 1960

➤ La culture demande des quantités d'eau énormes:

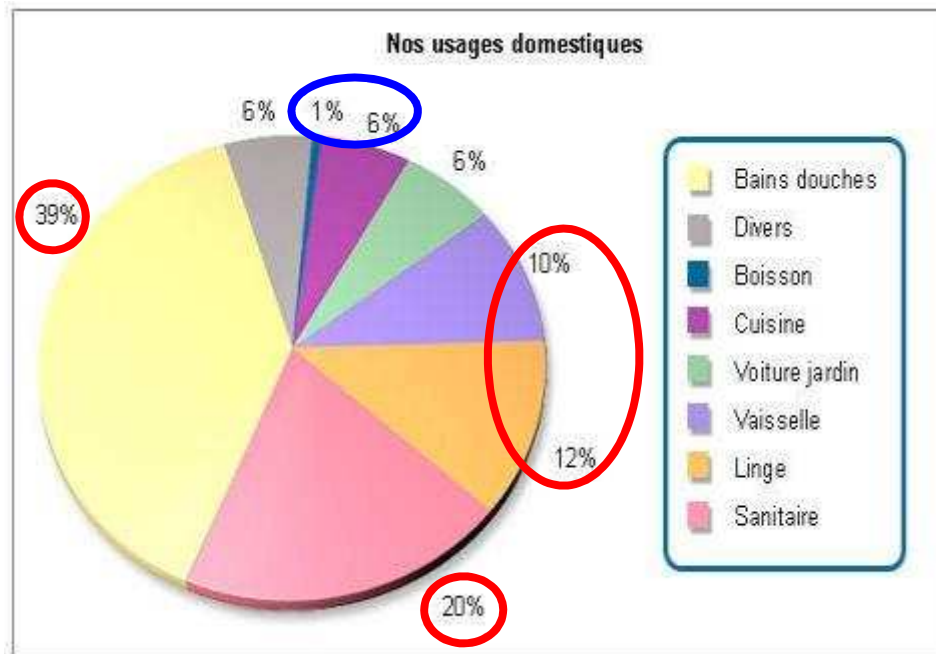
- 1-3 m³ d'eau nécessaire pour obtenir 1kg de riz
- 1 000 T d'eau pour produire 1 T de blé

➤ Salinisation 10% des terres irriguées dans le monde sont atteintes : 30 millions d'hectares

➤ Responsable de 70% de la pollution des ressources souterraines

Utilisation domestique

- Paris: 10 litres par habitant (vers 1800) à 300 litres (en 1995).
- Madagascar 5 litres
- États-Unis 500 litres



➤ 7 à 10 % pour l'alimentation

➤ 39% pour les bains/douches

➤ 20% pour les sanitaires

➤ > 22% pour le nettoyage

➤ Pollution organique et chimique

➤ Nécessité de modifier les comportements

Industrie

- Prélèvement en eau:
 - Monde: 22%
 - Pays à revenus élevés: 59%
 - Pays à revenus faibles: 8%

 - En 1995, le prélèvement annuel des industries était de 752 km³/an
En 2025, il devrait atteindre 1170 km³/an (prévisions)

 - Les plus gourmandes en eau sont les industries de transformation:
 - chimie de base et de production de fils/fibres synthétiques
 - Industrie du papier et du carton
 - Métallurgie
 - Parachimie et l'industrie pharmaceutique
- } 2/3 de toutes les consommations industrielles

Pollution Aquatique: Circulation

Catégories :

• Pollutions ponctuelles

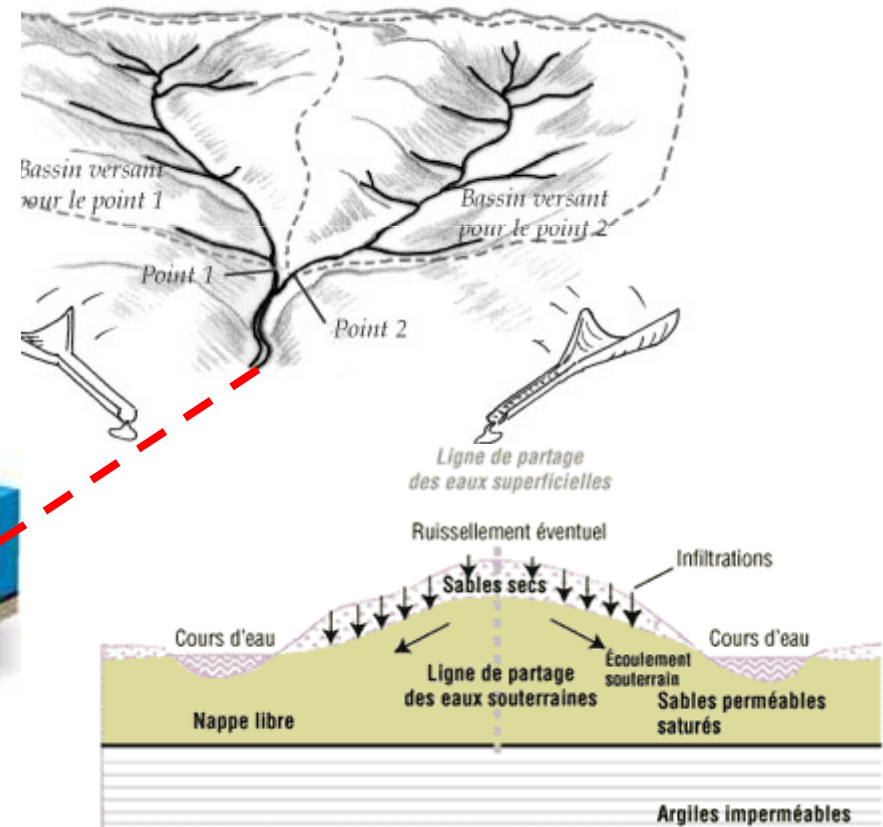
Pollutions diffuses

• Chroniques

Périodiques

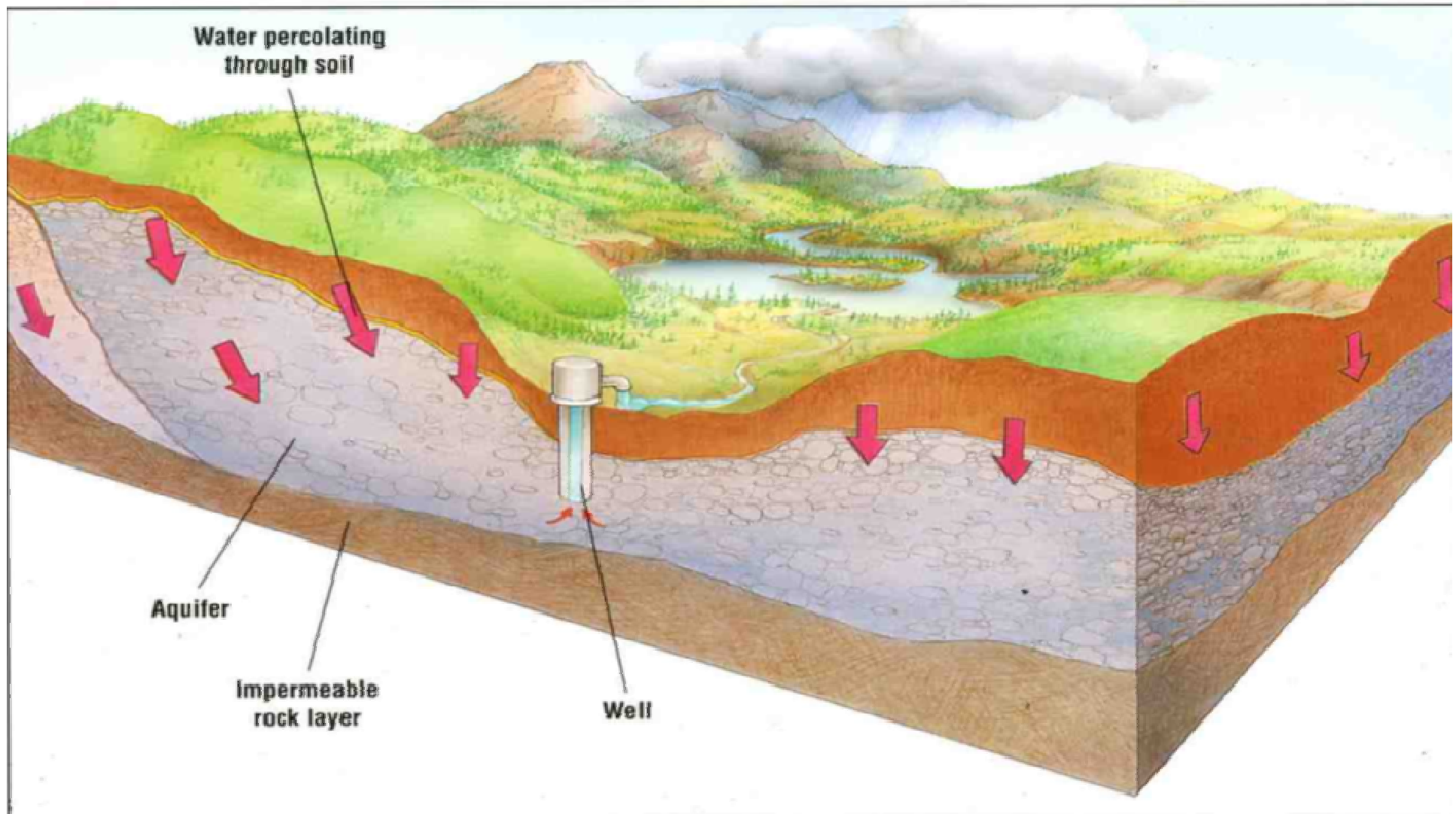
Accidentelles

Bassin versant: territoire où toutes les eaux souterraines et/ou superficielles s'écoulent vers le point le plus bas en suivant la pente naturelle et se rejoignent pour former une rivière ou un fleuve un lac ou une nappe souterraine avant d'atteindre finalement la mer.

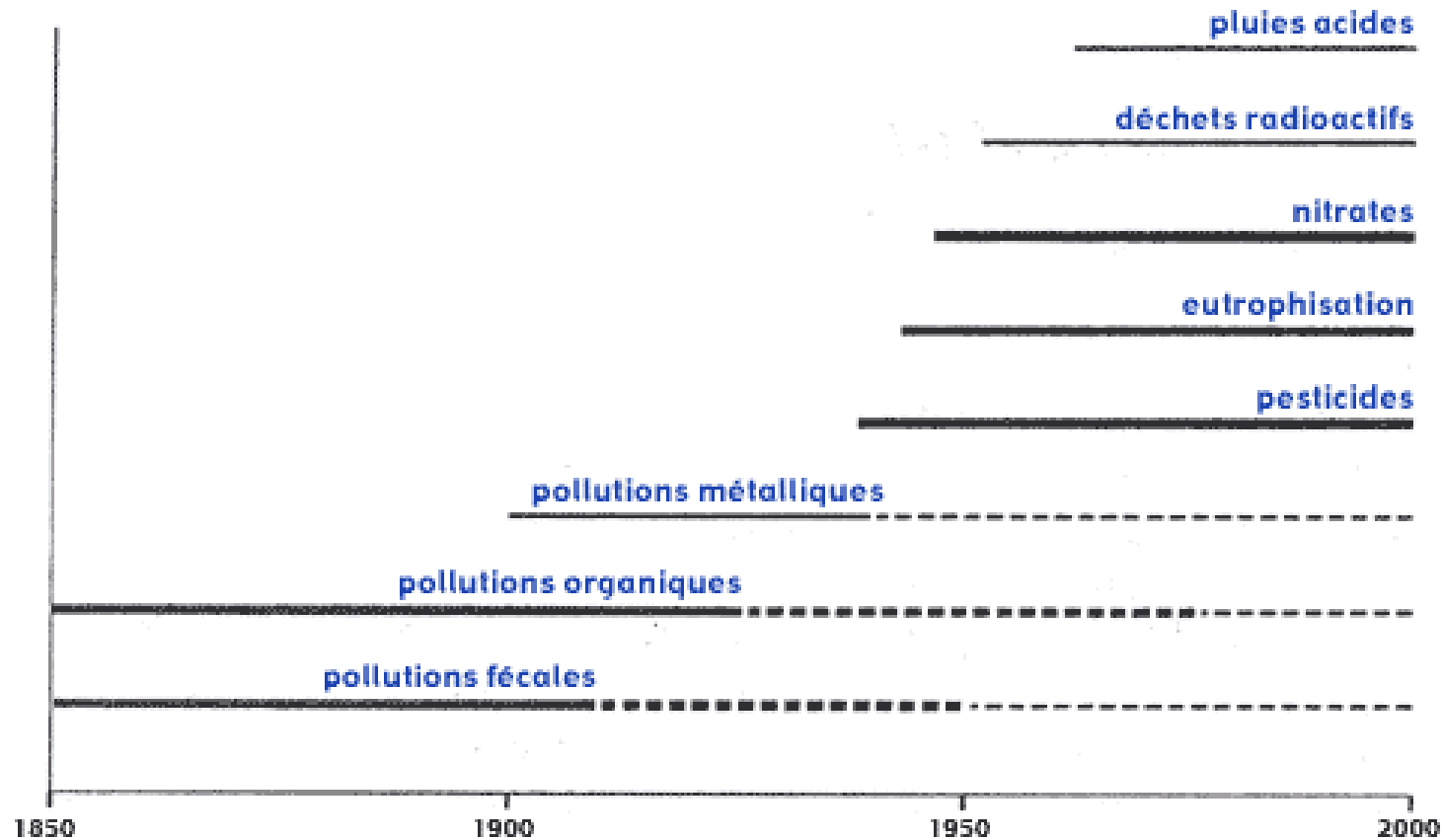


Le réceptacle final est l'eau

Aquifer—An Underground Water Source



Pollution aquatique: Chronologie



Chronologie des principales sources de pollution des eaux continentales dans les pays industrialisés (Lévêque 1996, Écosystèmes aquatiques)

Pollution Aquatique: caractéristiques des polluants

Solubilité

Kow (Coefficient de partage n-octanol/eau)

Constante de Henry (constante de partage air-eau)

Plus la constante de Henry est faible, plus la solubilité du gaz dans le solvant est grande

Demi vie (Dégradation)

Temps de résidence

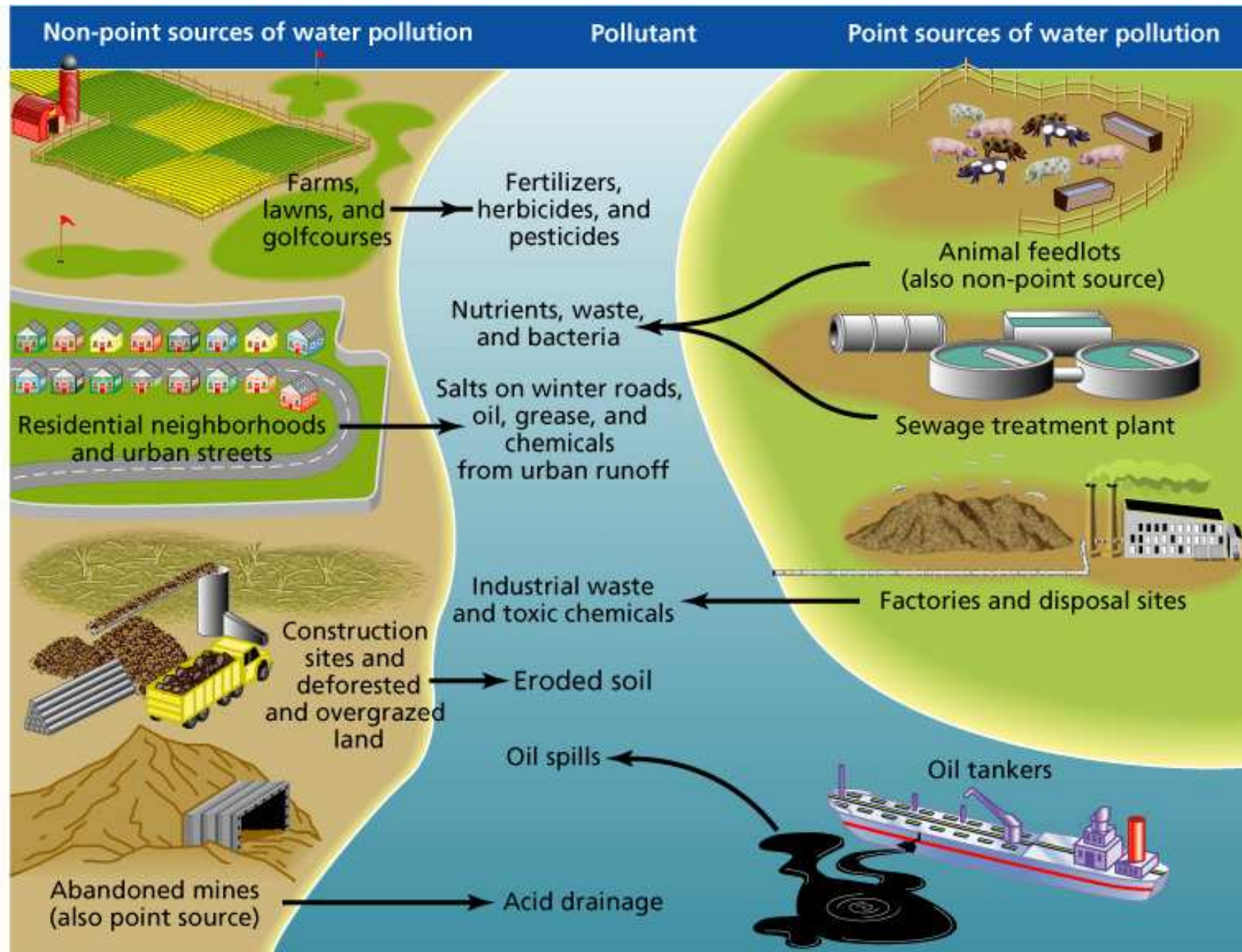
Pollution aquatique: Produits d'origine anthropique arrivant en Mer



- ✓ **Marées noires**
 - ✓ **Stations de forage pétrolier**
 - ✓ **Déchets industriels et nucléaires**
 - ✓ **Epaves**
 - ✓ **Armement /munitions diverses**
 - ✓ **Déchets provenant de bateaux**
- } Origine maritime
- ✓ **Rejets/déchets industriels**
 - ✓ **Eaux de refroidissement**
 - ✓ **Déchets urbains et routiers**
 - ✓ **Rejets: eaux d'égouts**
 - ✓ **Engrais et pesticides**
- } Origine continentale
- ✓ **Retombées, dissolution**
- } Origine atmosphérique

La toxicité en milieu marin est différente (NaCl)

Pollution Aquatique: sources



Pollution aquatique: Différents types

Pollution physique : thermique, radioactive, hydrodynamique

Pollution chimique :

- les matières organiques dégradables: qui réclament pour leur transformation de l'oxygène
 - eaux d'égouts urbains
 - effluents des industries agricoles et alimentaires
 - une partie des eaux de papeteries et d'industries textiles
- les matières organiques non dégradables par les fermentations (micro-organismes). Ces substances non biodégradables (plastiques, etc.) s'accumulent
- les matières minérales en suspension:
 - activités minières
 - des matériaux de construction
 - érosion des sols
- les substances minérales dissoutes, toxiques ou désagréables
- les matières actives : phytosanitaires, pharmaceutiques,
- Les produits chimiques divers



Pollution aquatique: micropolluants organiques

Catégories de micropolluants	Fréquence de détection (en %)	Part dans la concentration totale mesurée (en %)
Steroïdes	90	22
Médicament de comptoir (sans ordonnance)	80	9
Répulsifs insectes	75	< 1
Métabolites détergents	70	36
Désinfectants	68	2
Plastifiants	65	21
Retardateurs feux	63	2
Antibiotiques	50	3
Insecticides	48	< 1
HAP	46	1
Hormones reproductives	44	< 1
Médicaments autres	30	< 1
Antioxydants	28	1
Parfums	26	< 1
Solvants	25	< 1

Micropolluants suivis sur 139 sites des USA (> 100 cours d'eau)

Pollution aquatique: pollution organique / estimation

DCO - Demande Chimique en Oxygène

→ permet donc d'évaluer la quantité totale de pollution organique

DBO - Demande Biologique en Oxygène:

Mesure de la pollution des eaux par les matières organiques

→ Permet d'évaluer la part biodégradable de la pollution organique

MES – Matières en suspension

Pollution aquatique: micropolluant org.- pesticides

- **Organochlorés** (DDT): très stables chimiquement, peu dégradable, bioaccumulation/bioamplification
risques certains pour la santé humaine.
- **Organophosphorés**: composés de synthèse qui se dégradent assez rapidement dans l'environnement
mais qui ont des effets neurotoxiques sur les vertébrés.
- **Carbamates** (insecticides, fongicides) : très toxiques
- **Triazines** (fongicides): plus de la moitié du tonnage annuel des pesticides utilisés en France.
Réagissent avec le sol lors de leur migration: piégeage, relargage, spéciation
- **Pyréthroïdes** (insecticides de synthèse): très toxiques pour les organismes aquatiques.
Une pollution accidentelle des eaux par ces composés peut être dramatique.

Pollution aquatique: micropolluants métalliques



- **Différents métaux:** Al, As, Cr, Co, Cu, Mn, Mo, Ni, Zn...
ou encore des métaux « lourds »: Cd, Hg, Pb, plus toxiques que les précédents
- **Lié à de multiples activités humaines:**
 - rejets d'usines: tanneries (Cd, Cr), papeteries (Hg), usines de fabrication de Chlore (Hg)
usines métallurgiques
 - épandages sur les sols agricoles d'oligo-éléments ou de boues résiduelles de stations d'épuration
 - utilisation de certains fongicides (Hg)
 - retombées des poussières atmosphériques: incinération de déchets (Hg),
combustion d'essence automobile (Pb)
 - ruissellement des eaux de pluie sur les toitures et les routes (Zn, Cu, Pb)
- **Cd, Hg, Cr, Pb particulièrement toxiques même à faibles doses**

Pollution aquatique: pollution métallique

- **Mercure:** Transformation en méthyl-mercure dans l'eau
En France * rejets directs de mercure dans les eaux fluviales faibles: 0,5 T/an (industrie Rhône)
* rejets émis dans l'atmosphère: 15,8 T/an
- **Plomb:** inhibiteur de certaines enzymes
- **Cadmium**

Fortement bio-accumulables

- ✓ Maladies du foie et du système digestif
- ✓ Dommages cérébraux et nerveux
- ✓ ADN et chromosomes endommagés
- ✓ Effet sur la reproduction
- ✓ Réactions allergiques, éruption cutanée, fatigue et maux de tête
- ✓ Graves troubles osseux pouvant conduire à des décès

Pollution aquatique: les phosphates

- En France, proviennent à parts sensiblement égales:
 - de sources agricoles (engrais)
 - de source industrielles
 - de déjections humaines
 - de détergents ou lessives phosphatées
- En Europe de l'Ouest, la **pollution ponctuelle** par les phosphates est estimée à 3,5 g. habitant. jour
1,2 g provient des excréments humains, et le reste surtout des détergents
- **Pollution diffuse**: 0,5 à 2,5 % du **phosphore** des engrais utilisés est entraîné par l'eau, lors du lessivage des sols cultivés par les eaux de pluie et de drainage
- phénomènes d'**eutrophisation** et de dystrophisation



Pollution aquatique: nitrates

- En France, les nitrates proviennent à:
 - 66 % de l'agriculture
 - 22 % du rejets des collectivités locales
 - 12 % de l'industrie
- Lié à l'épandage de doses massives d'engrais azotés et de lisier et aux effluents d'élevage

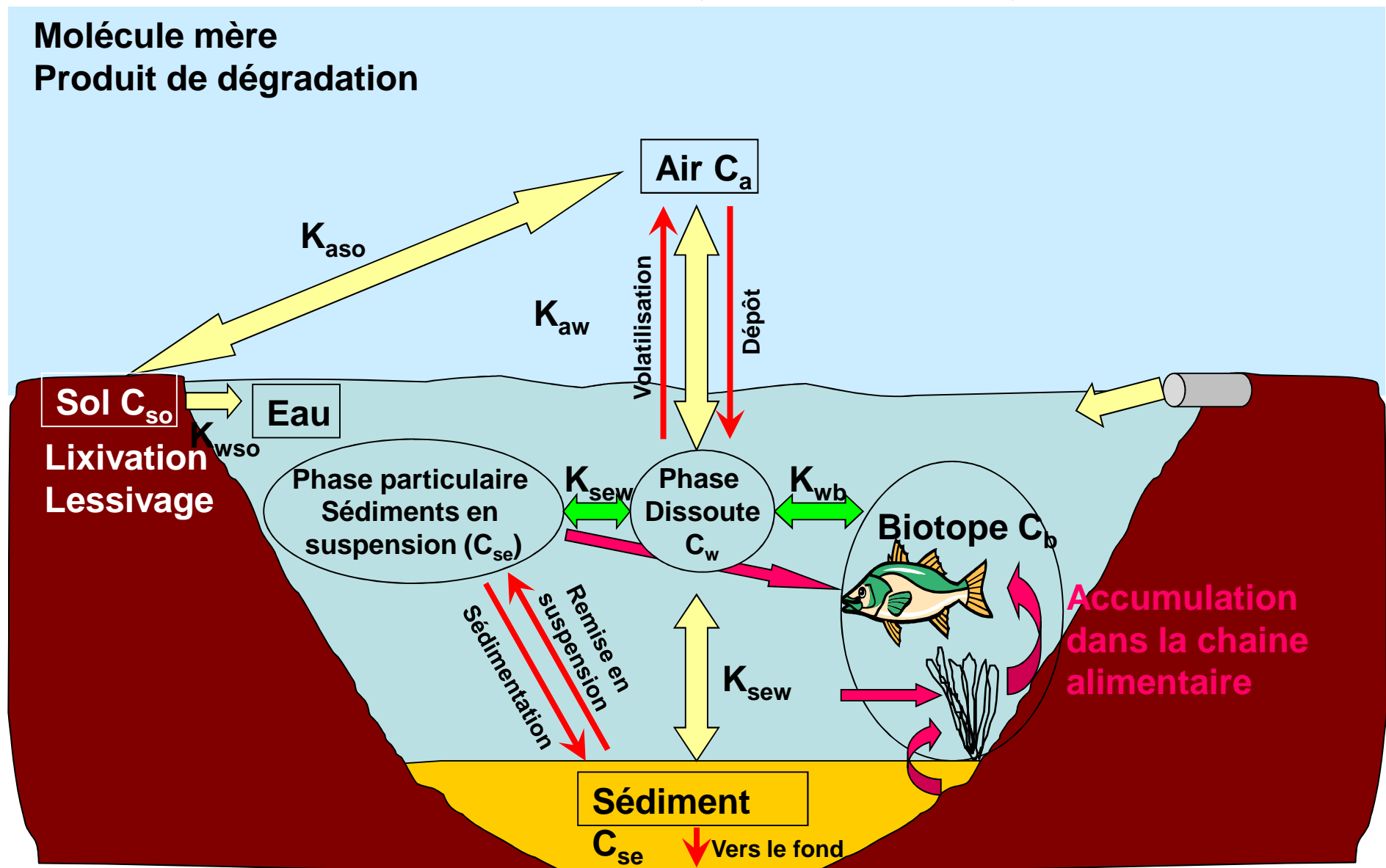
Absence de contamination: [NO₃] des eaux souterraines entre 0,1 et 1 mg/litre

Aujourd'hui [NO₃] dépasse souvent les 50 mg/l
(valeur seuil retenue par l'OMS pour les eaux potables)

 traitement spécifique pour pouvoir être consommées

- Risques:
 - **Effets toxiques** sur la santé humaine (trop ingérés) et animale
 - **Eutrophisation**

Pollution aquatique: répartition des polluants



Biodisponibilité pour la biocénose:

- Caractéristiques physicochimiques: Spéciation (Métaux), K_{ow} (org)
- Sédiments: matière organique, pH
- Colonne d'eau: phase particulaire et dissoute