

Microbiologie Environnementale

Cours proposé aux étudiants de la
Licence de Biologie S6

par : Edmundo NAVA SAUCEDO



ÉCOSYSTÈMES

UN ÉCOSYSTÈME EST UN SYSTÈME OUVERT TRAVERSÉ PAR DES FLUX D'ÉNERGIE ET DES CYCLES DE MATIÈRE, ABRITANT UNE COMMUNAUTÉ BIOTIQUE FORMÉE D'ORGANISMES VIVANT EN INTERACTION DANS UN MILIEU DONNÉ, LE BIOTOPE.

LA COMMUNAUTÉ BIOTIQUE RENFERME TROIS CATÉGORIES D'ORGANISMES :

- Les producteurs, qui transforment l'énergie lumineuse en énergie chimique et qui élaborent des composés organiques;
- Les consommateurs, qui se nourrissent de ces matières organiques;
- Les décomposeurs, qui recyclent la matière organique morte afin de restituer aux producteurs les matières minérales nécessaires à la poursuite de leurs activités.





MICROORGANISMES

LES MICROORGANISMES SONT UNE COMPOSANTE ESSENTIELLE DE TOUT **ÉCOSYSTÈME**. ILS OCCUPENT DES MICRO-HABITATS SPÉCIFIQUES CONVENANT À LEURS BESOINS.

DANS CES MICRO-HABITATS, LES MICROORGANISMES ÉTABLISSENT ENTRE EUX ET AVEC LES AUTRES ORGANISMES DES RELATIONS DE DIFFÉRENTE NATURE: **NEUTRALISME, COOPÉRATION ET ANTAGONISME**.

DE PAR CES RELATIONS, ILS AFFECTENT OU NON, POSITIVEMENT OU NÉGATIVEMENT, LE DÉVELOPPEMENT DES AUTRES MEMBRES DE LA **COMMUNAUTÉ BIOTIQUE**.





ENVIRONNEMENT

DANS L'ENVIRONNEMENT, LES MICROORGANISMES INTERVIENNENT EN TANT QUE **PRODUCTEURS** OU **DÉCOMPOSEURS**.

LES MICROORGANISMES **PRODUCTEURS** SONT **PHOTOLITHOTROPHES** OU **CHIMIO-LITHOTROPHES**. ILS TIRENT LEUR ÉNERGIE DE LA LUMIÈRE OU DES COMPOSÉS INORGANIKES ET SYNTHÉTISENT DES MATIÈRES ORGANIQUES, EN RAISON DE CES PROPRIÉTÉS, ILS CONSTITUENT LE POINT DE DÉPART DE NOMBREUSES CHAÎNES ALIMENTAIRES.

LES MICROORGANISMES **DÉCOMPOSEURS** SONT **CHIMIO-LITHOTROPHES**. PAR LEUR ACTIVITÉS MÉTABOLIKES, ILS DÉGRADENT LES MATIÈRES ORGANIQUES EN MATIÈRES MINÉRALES. CE **RECYCLAGE** PERMANENT ENTRETIENT LA VIE EN RENDANT LES ÉLÉMENTS NUTRITIFS CONSTAMMENT DISPONIBLES BIEN QU'ILS SOIENT EN QUANTITÉS LIMITÉES DANS L'ENVIRONNEMENT.





Microorganismes-environnement

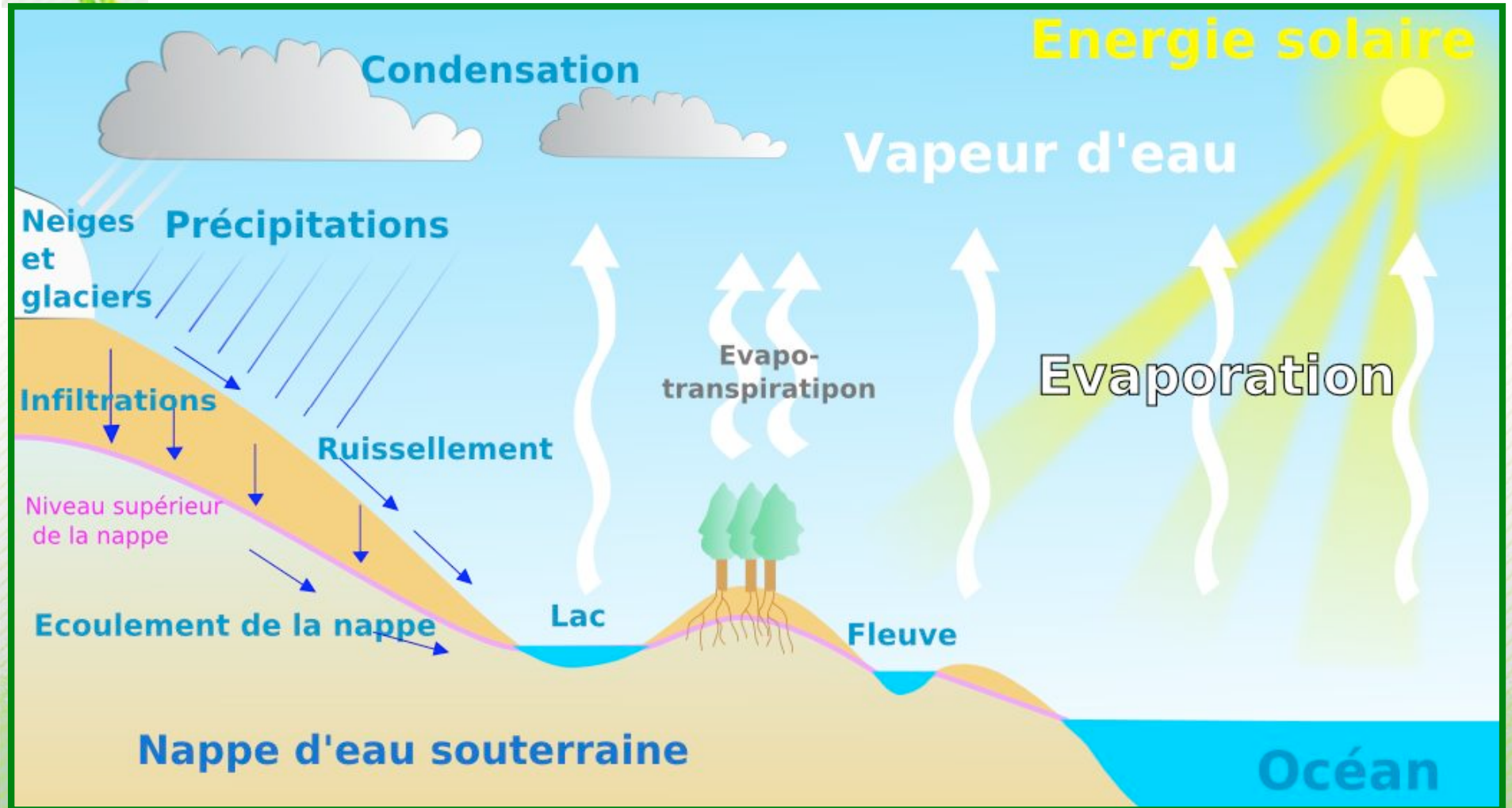
Un quart de petite cuillère de sol contient :

- 50 nématodes
- 52 000 algues
- 72 000 amibes
- 111 000 champignons
- 2 920 000 actinomycètes
- 25 280 000 bactéries





Cycle de l'eau





CYCLE DU CARBONE

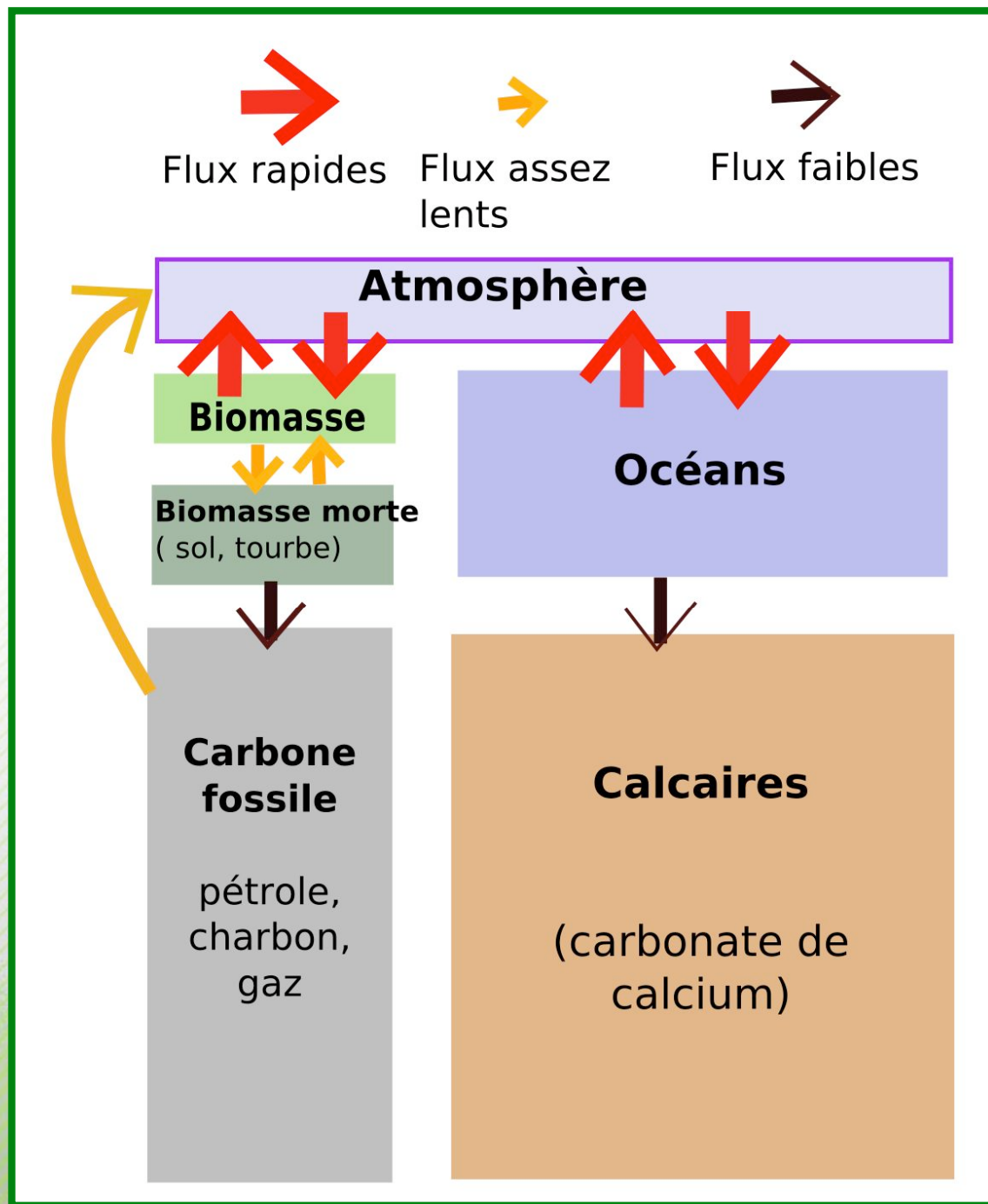
LE CYCLE DU CARBONE COMPREND TROIS ÉTAPES : LA FIXATION, LA MINÉRALISATION ET LA RÉTENTION.

LA FIXATION CORRESPOND À L'ÉTAPE DE SYNTHÈSE AU COURS DE LAQUELLE LE CARBONE DU GAZ CARBONIQUE EST INCORPORÉ DANS DES MOLÉCULES ORGANIQUES.

INVERSEMENT À LA FIXATION, LA MINÉRALISATION EST L'ÉTAPE À L'ISSUE DE LAQUELLE LE CARBONE CONTENU DANS LES COMPOSÉS ORGANIQUES RETOURNE DANS L'ENVIRONNEMENT À L'ÉTAT MINÉRAL.

UN NOUVEAU CYCLE RECOMMENCE SAUF POUR UNE PARTIE DU CARBONE LIBÉRÉ QUI ENTREPREND UNE ÉTAPE DE RÉTENTION. CE CARBONE SE TROUVE EMPRISONNÉ DANS DES COMPOSÉS INSOLUBLES, INACCESSIBLES OU TEMPORAIREMENT RÉFRACTAIRES À LA DÉGRADATION MICROBIENNE.

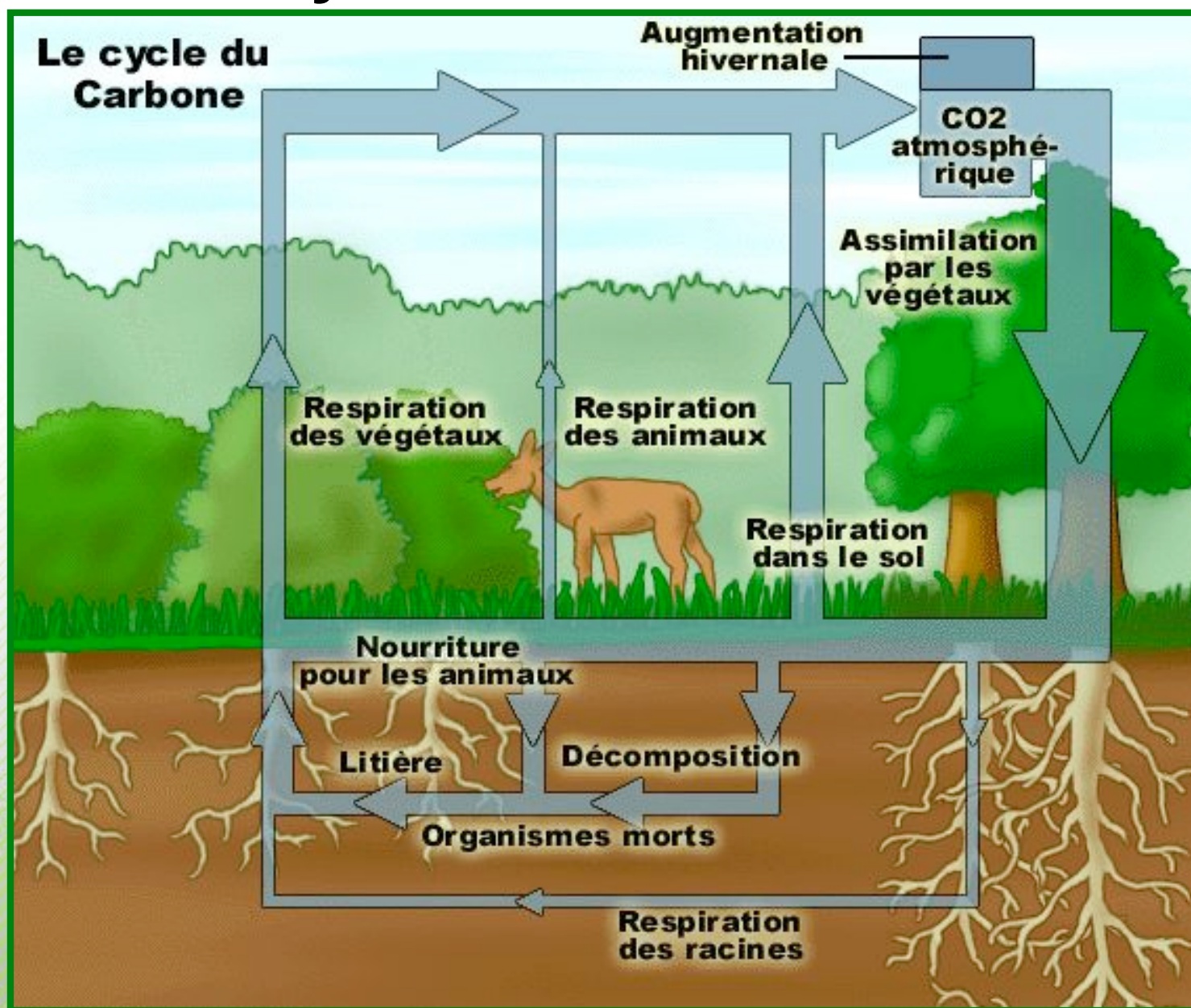




Cycle du carbone

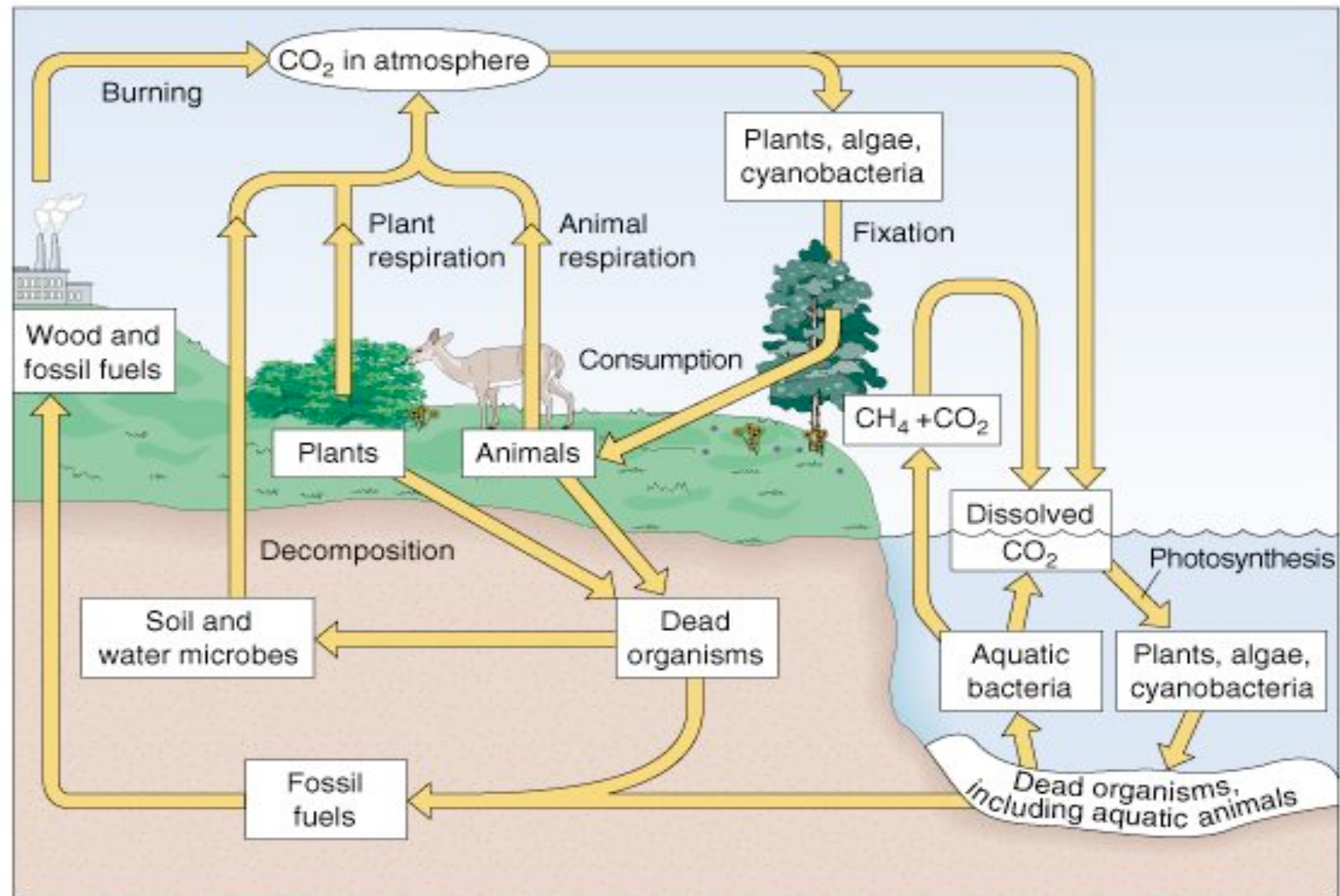


Cycle du carbone





Cycle du carbone





CYCLE DE L'AZOTE

LA FIXATION, LA NITRIFICATION, LA DÉNITRIFICATION, L'ASSIMILATION ET L'AMMONIFICATION SONT LES CINQ ÉTAPES DU CYCLE DE L'AZOTE.

LA FIXATION CORRESPOND À LA TRANSFORMATION DE L'AZOTE ATMOSPHÉRIQUE EN AMMONIAC PUIS EN IONS AMMONIUM. L'AMMONIUM EST ENSUITE CONVERTI EN NITRITES PUIS EN NITRATES AU COURS DE LA NITRIFICATION CES DEUX PREMIÈRES ÉTAPES NE SONT RÉALISÉES QUE PAR QUELQUES RARES ESPÈCES BACTÉRIENNES.

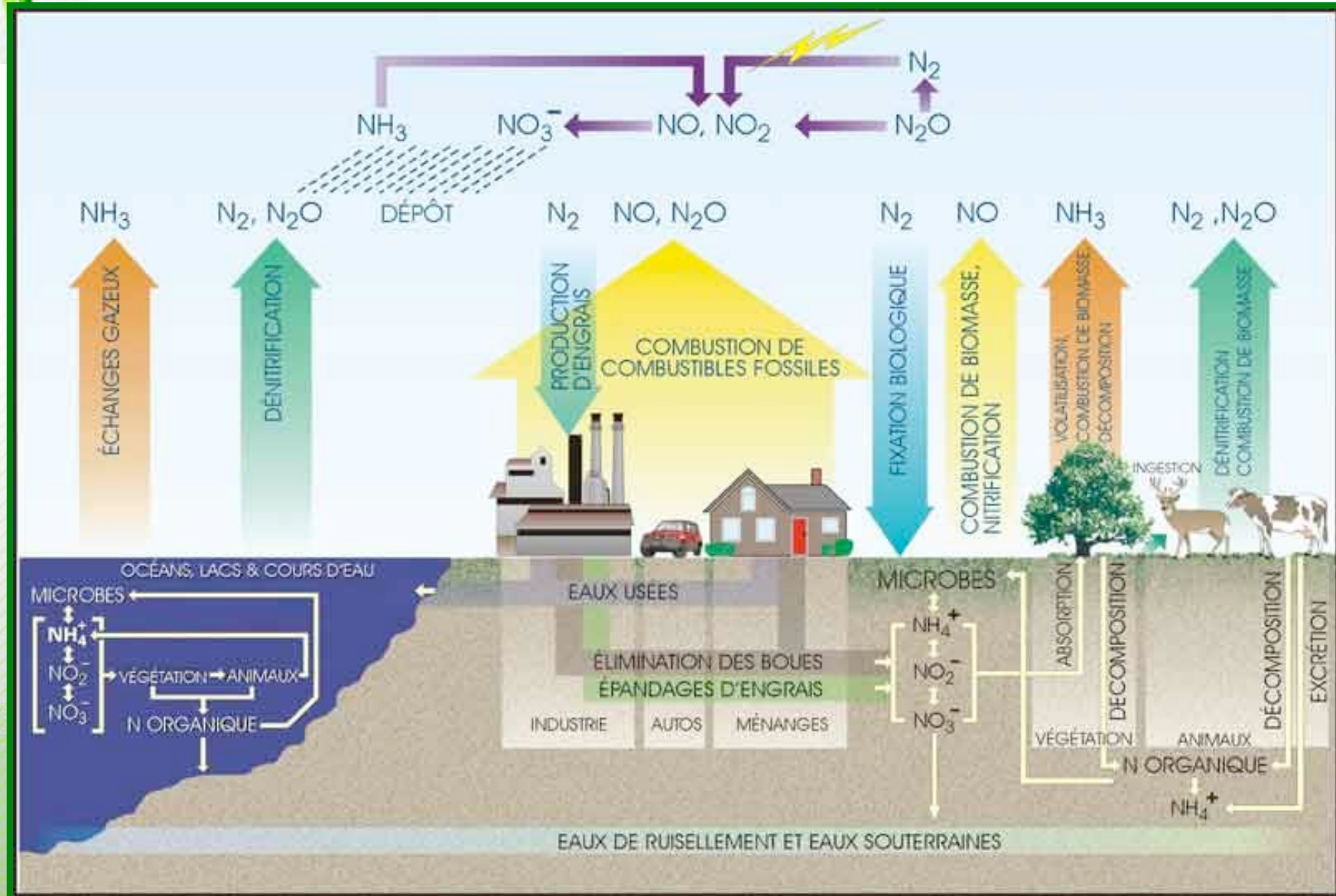
LES NITRATES PRODUITS PEUVENT :

- Subir une dénitrification et retourner dans l'atmosphère;
- Être assimilés et servir à la synthèse de composés organiques azotés;
- Être décomposés lors de l'ammonification et de la dénitrification avant d'entreprendre un nouveau cycle.





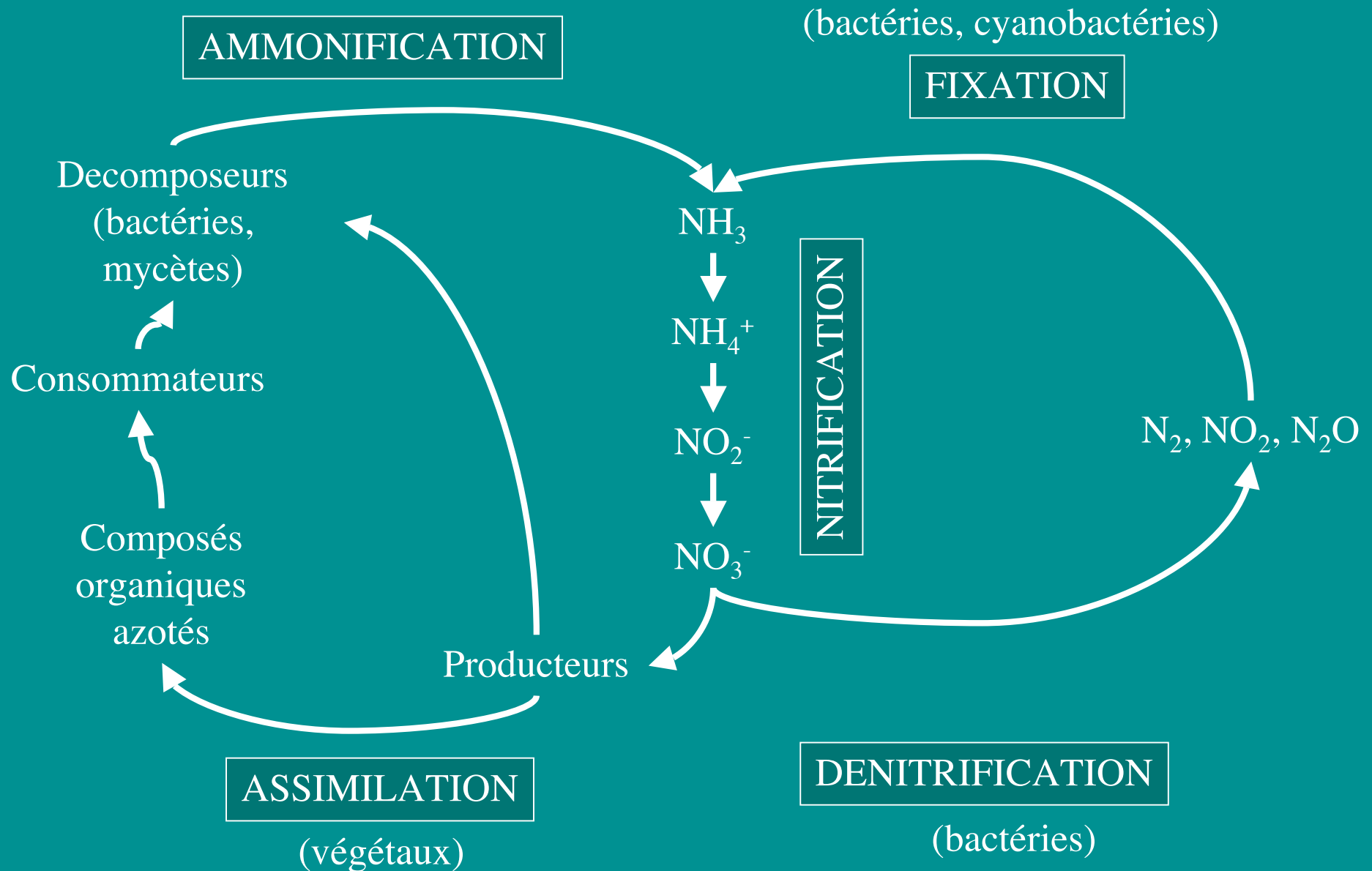
Cycle de l'azote



Cycle de l'Azote

ÉTAPE	DÉFINITION
Fixation	Transformation de l'azote moléculaire de l'air en ammoniac et en ions ammonium
Nitrification	Transformation de l'ammonium en nitrites puis en nitrates
Dénitrification	Transformation des nitrates en azote moléculaire
Assimilation	Incorporation de l'azote des nitrates dans les acides aminés et les autres composés organiques azotés
Ammonification	Transformation de l'azote organique en azote ammoniacal

Cycle de l'Azote



Organic N
(proteins
amino acids)



most microb

NH_4^+



O_2

Nitrosomonas

4H^+

NO_2^-



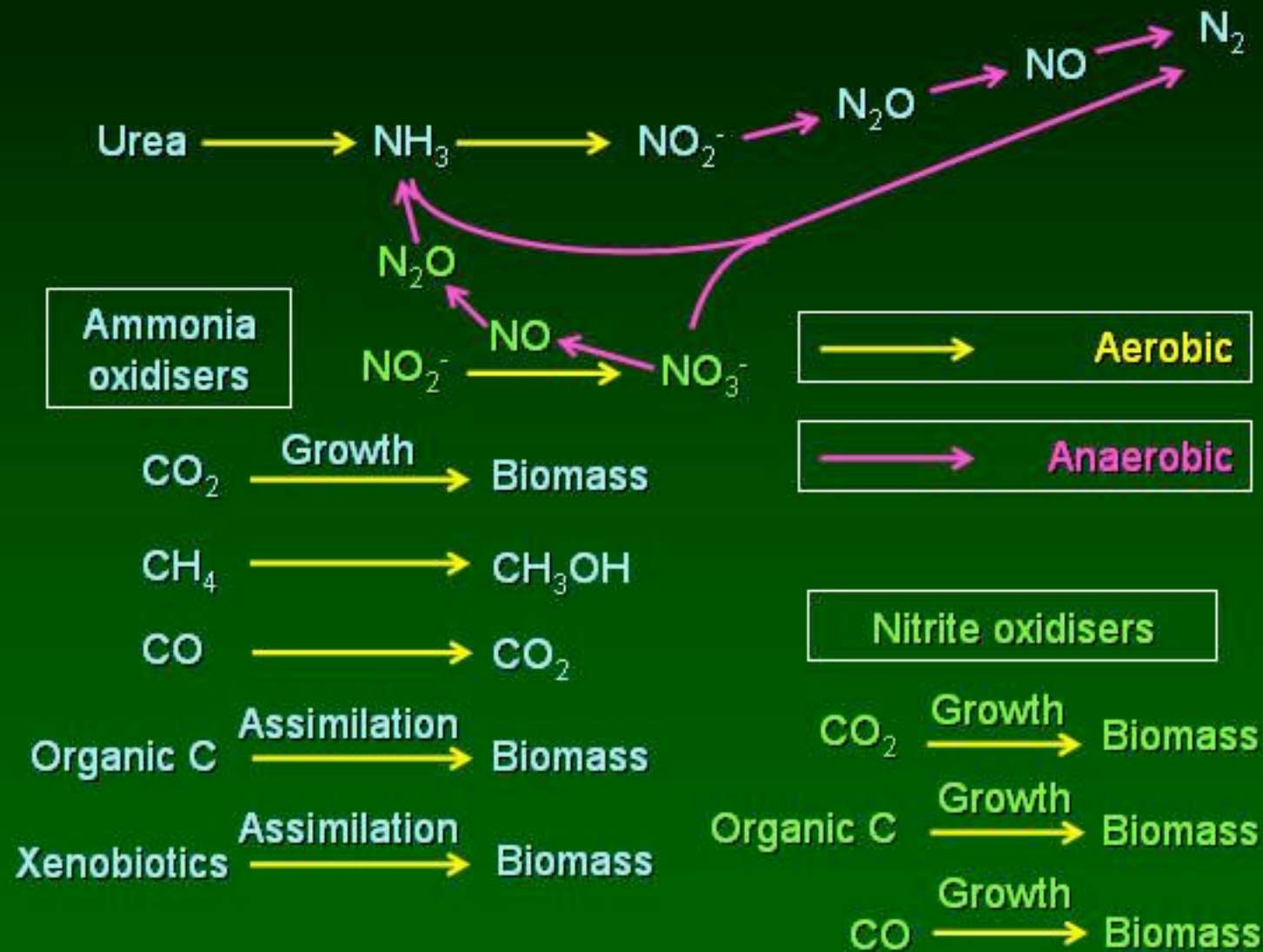
O_2

Nitrobacter

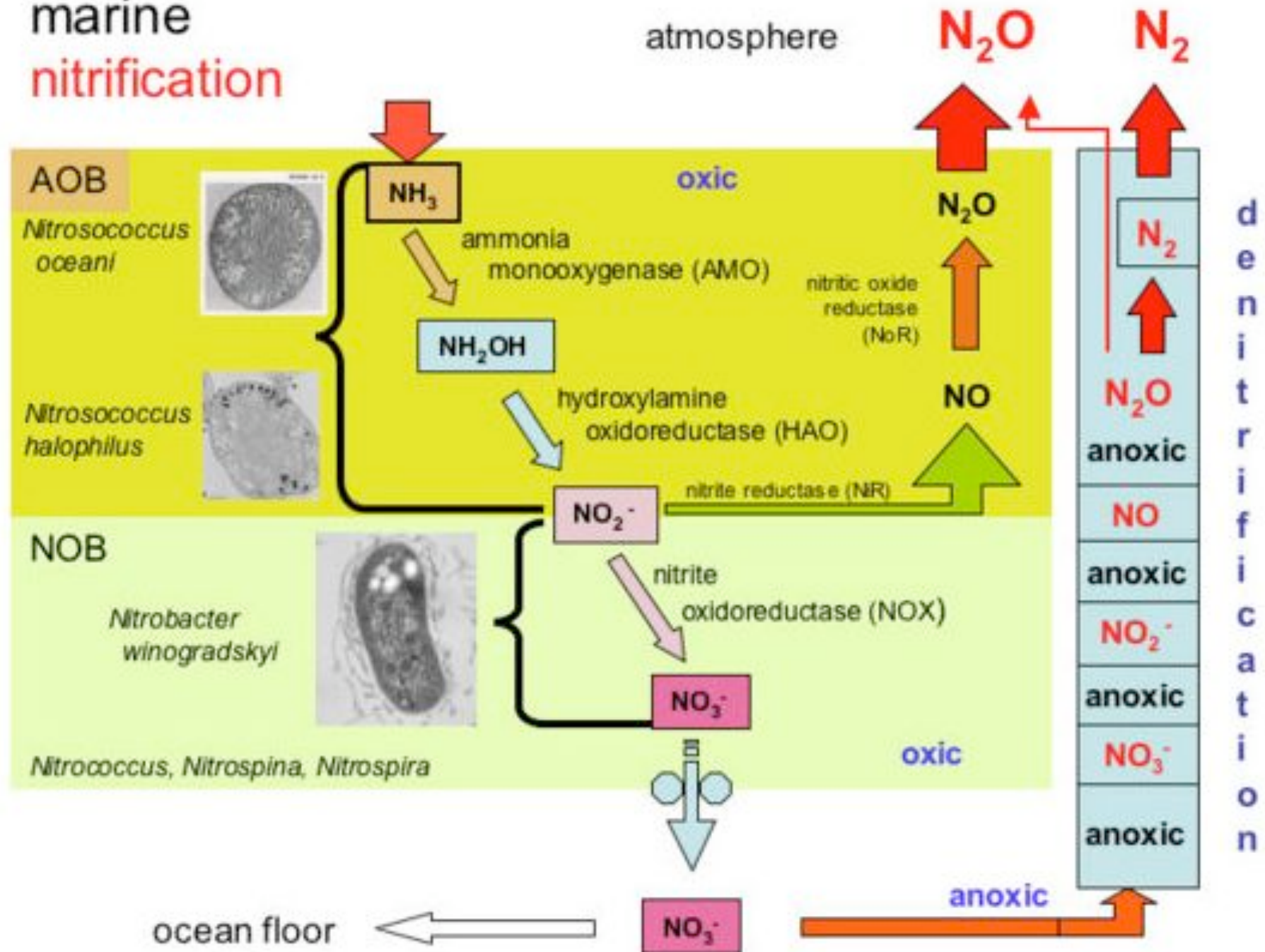
NO_3^-

Ammonification

Nitrification

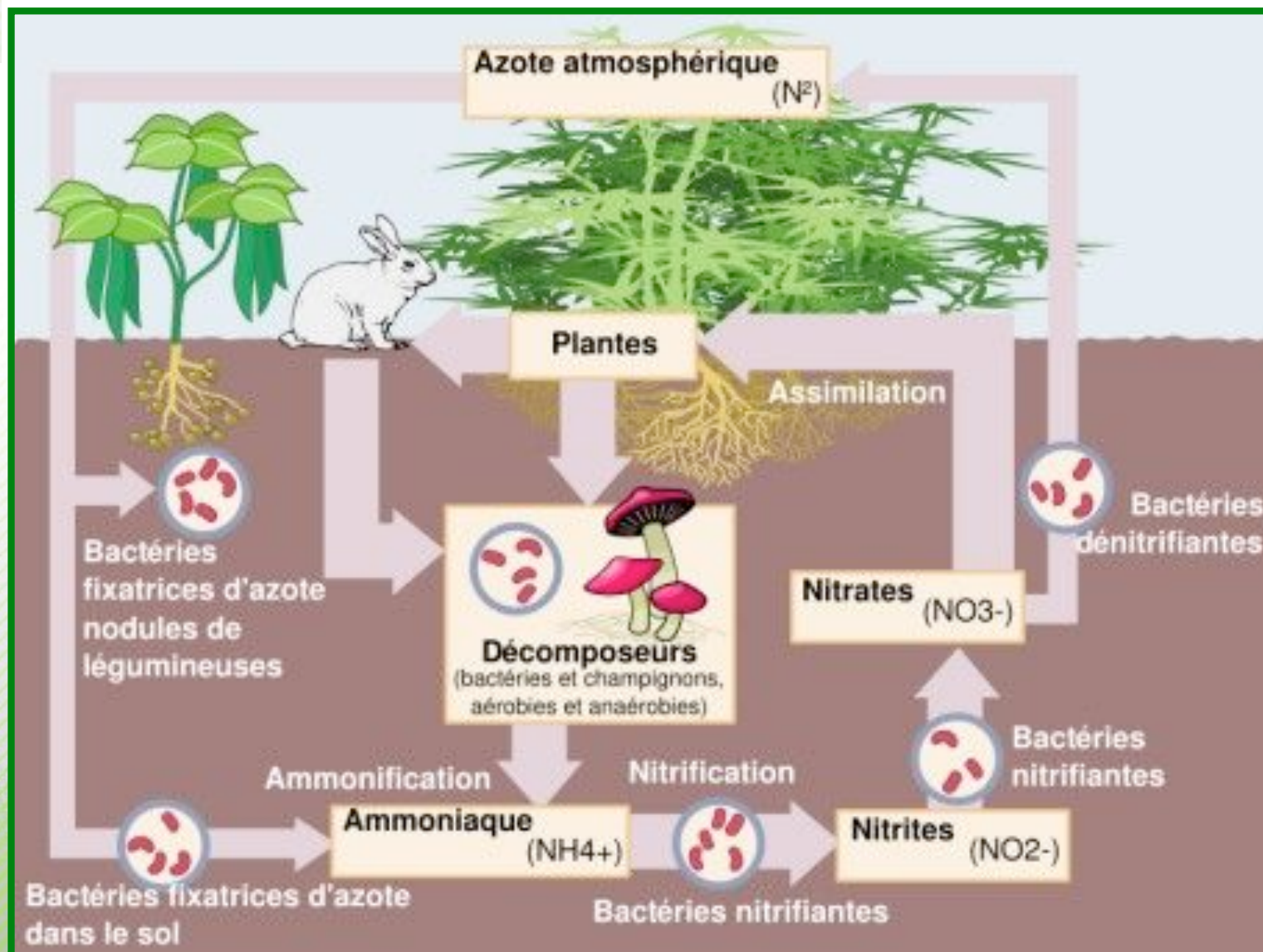


marine nitrification



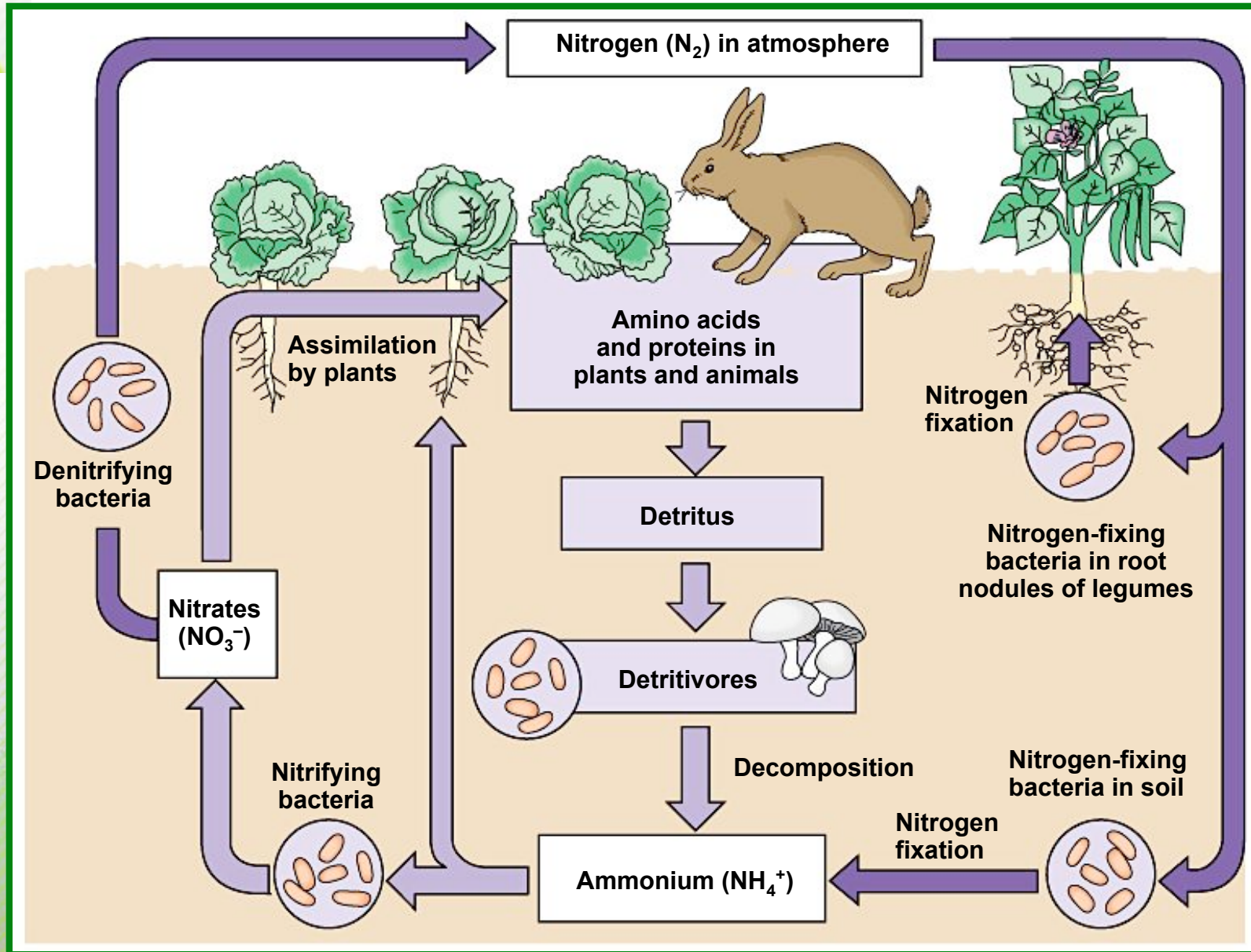


Cycle de l'azote





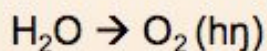
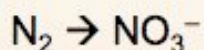
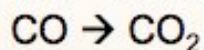
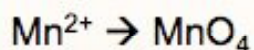
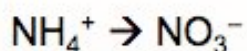
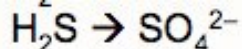
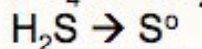
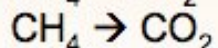
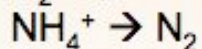
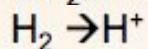
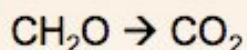
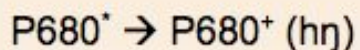
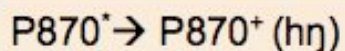
Cycle de l'azote



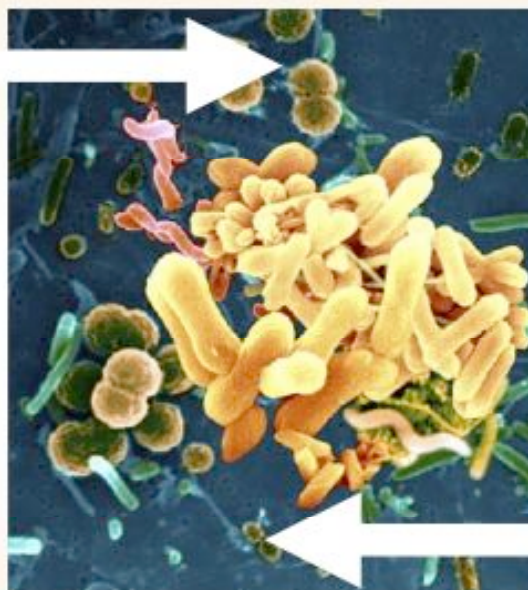
(Reductants)

pE

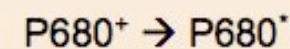
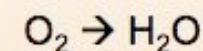
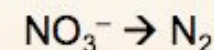
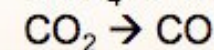
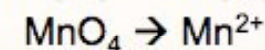
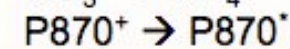
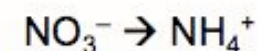
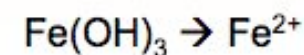
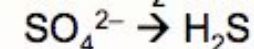
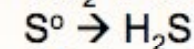
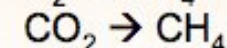
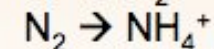
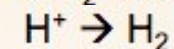
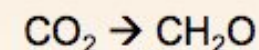
(Oxidants)

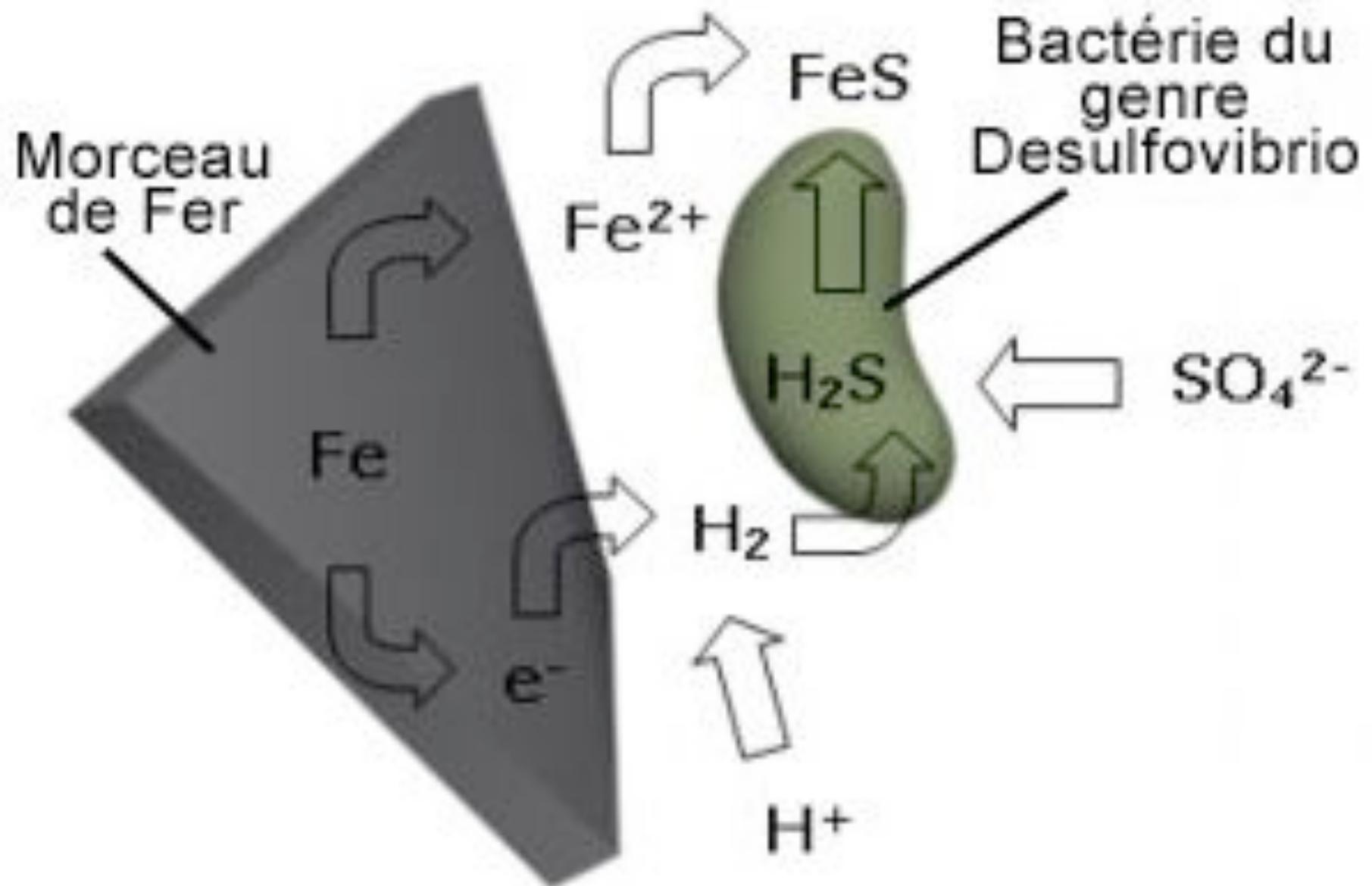


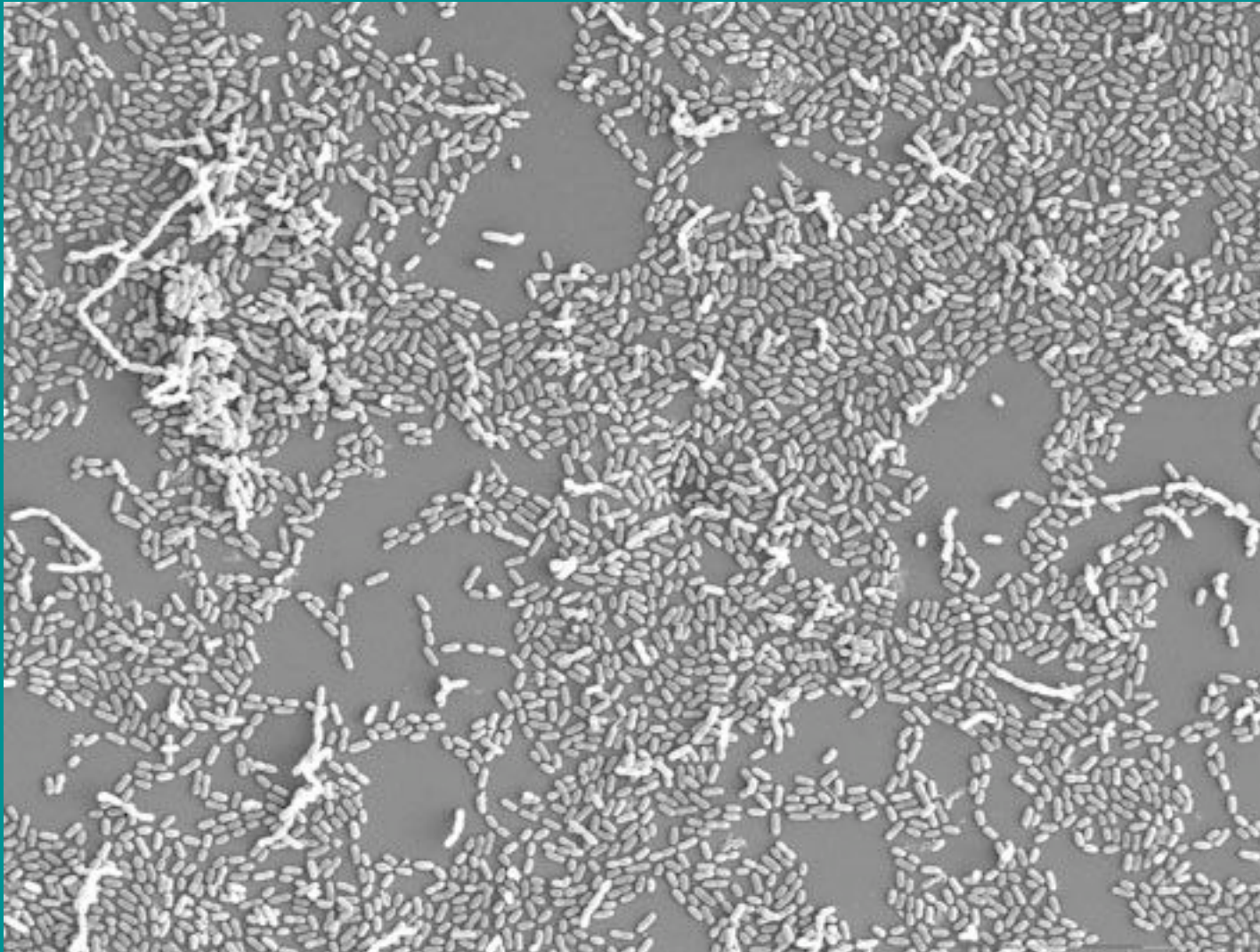
-



+



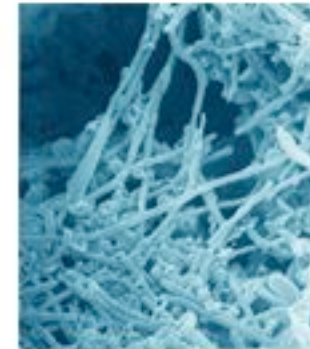




Divers streptocoques dans une plaque dentaire (biofilm)

Le biofilm et les Légionelles (cause de légionellose)

Le biofilm est une matrice que l'on peut retrouver à l'intérieur des réseaux d'eau chaude sanitaire (ECS) et tours de refroidissement (TAR). Le biofilm est normalement composé de sédiments inorganiques et organiques. Cet environnement offre un milieu protecteur pour les bactéries telles que les légionelles qui peuvent alors s'y développer et proliférer.



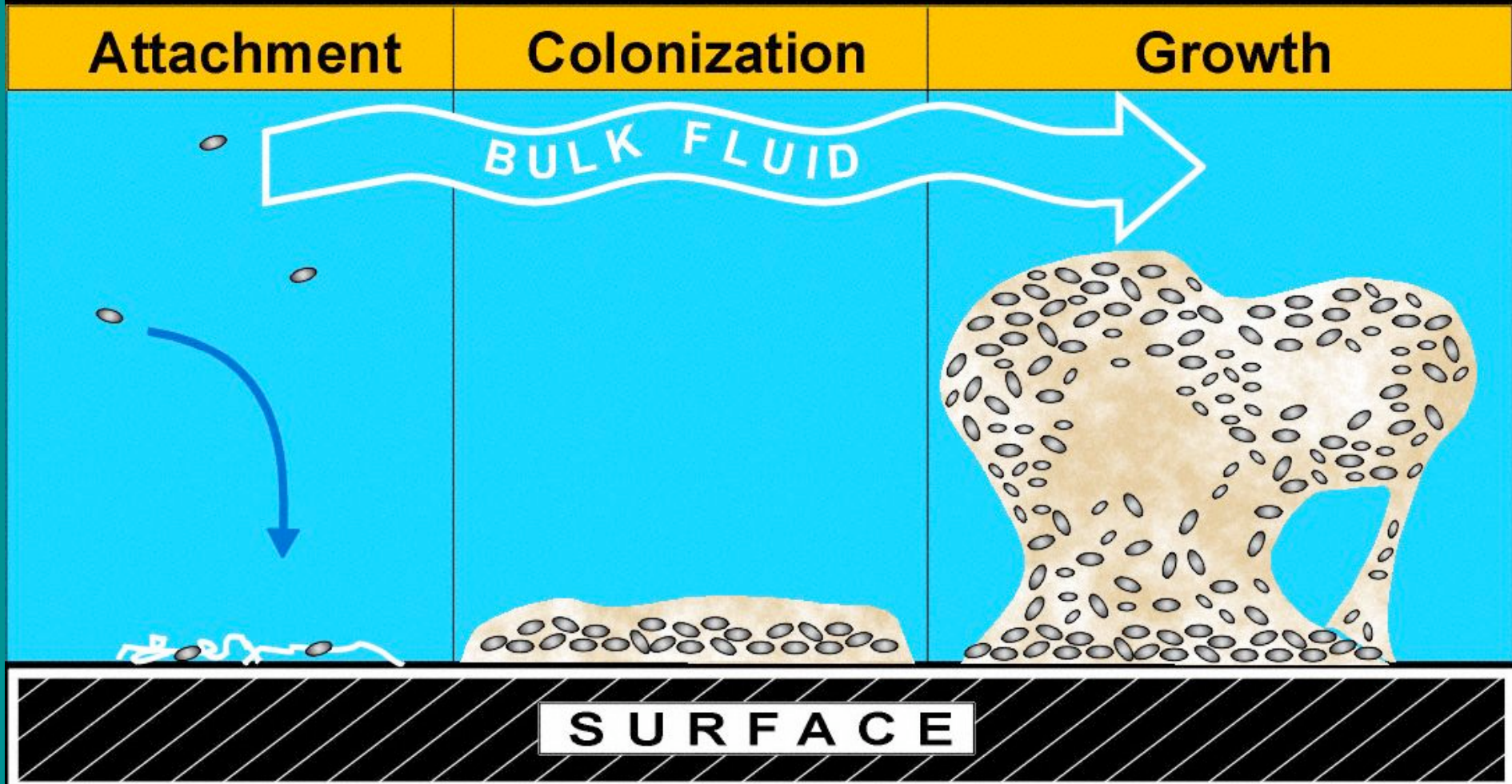
Le biofilm est habituellement observé dans un milieu aqueux ou exposé à l'humidité. Quand les ressources sont suffisantes pour la croissance (nutriments, eau, température entre 20°C et 50°C), le biofilm devient rapidement macroscopique.

Le biofilm peut contenir beaucoup de différents types de micro-organismes, par exemple: des bactéries, des protozoaires ou des algues. Chacun de ces groupes exécute des fonctions métaboliques spécialisées en relation avec les légionelles. Le biofilm est lié et protégé par la matrice composée de micro-organismes.

En général, le biofilm protège les bactéries telles que les légionelles et subit une re-colonisation en 3 à 6 semaines après une éradication thermique ou choc chloré (Cl₂). Seule l'ionisation industrielle au cuivre et à l'argent offre une alternative en traitement

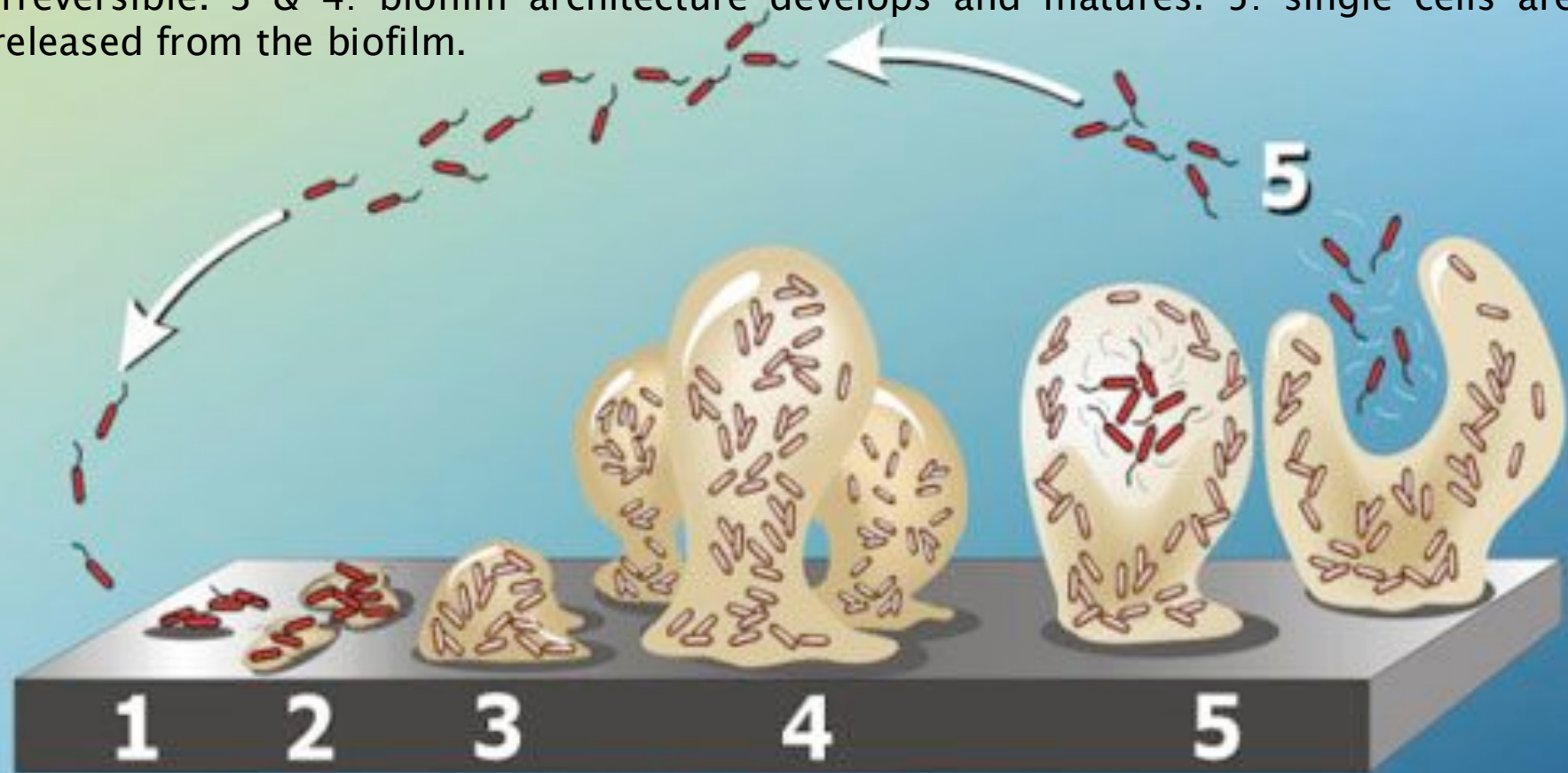
systémique des canalisations de façon non-chimique afin de contrôler la prolifération de ces bactéries.

Biofilm formation:





1: individual cells populate the surface. 2: EPS is produced and attachment becomes irreversible. 3 & 4: biofilm architecture develops and matures. 5: single cells are released from the biofilm.

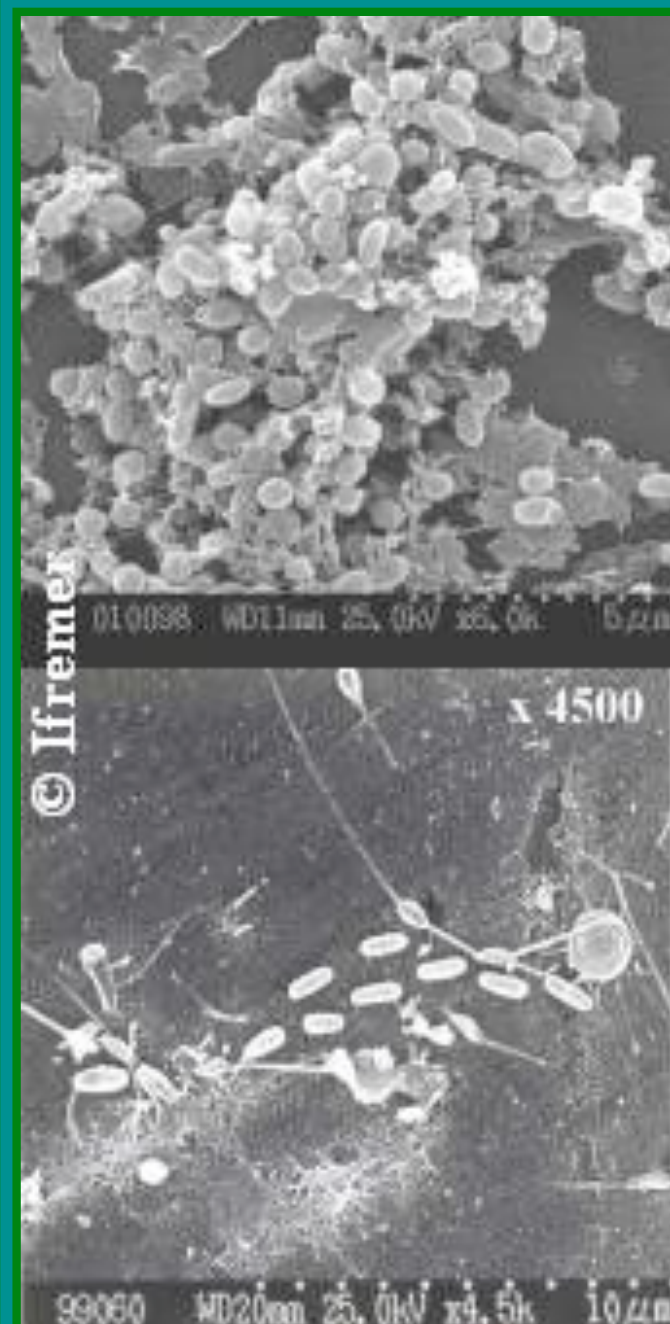
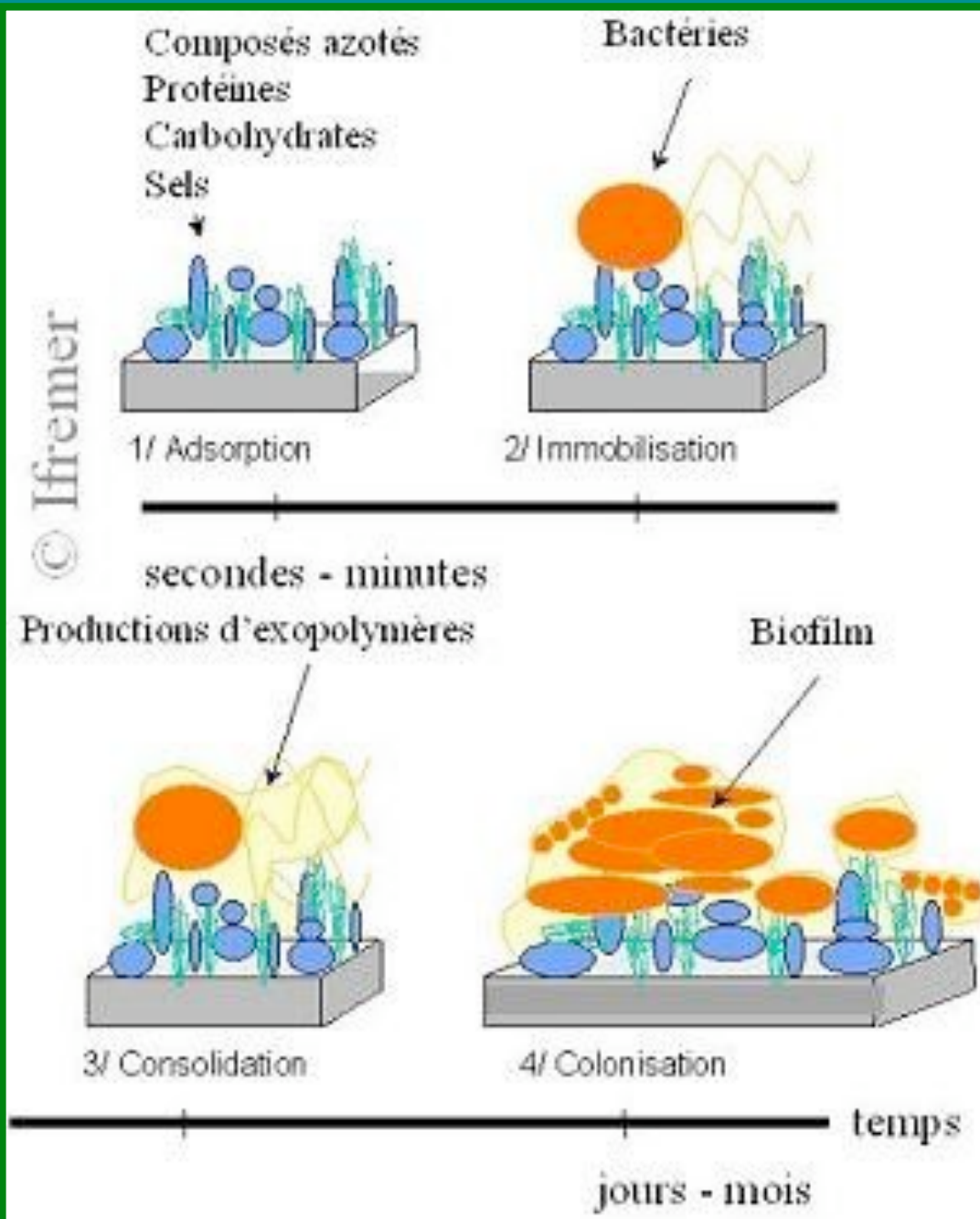




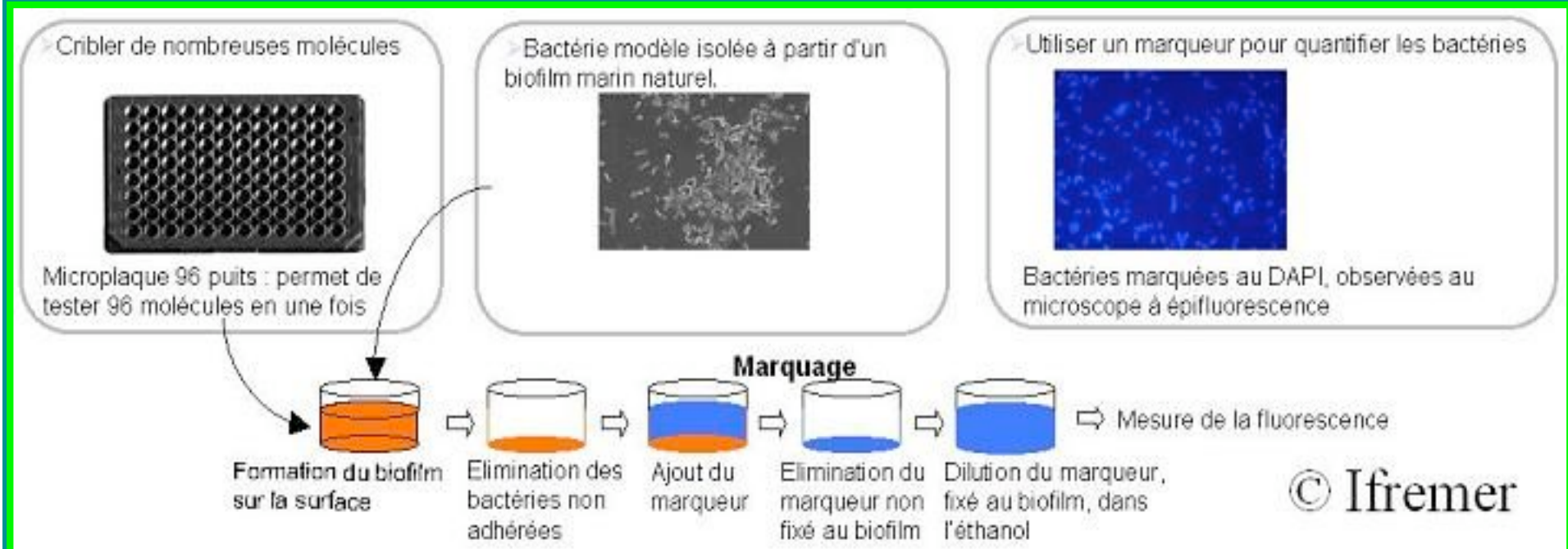
Biodétérioration

destruction non souhaitée de divers matériaux.

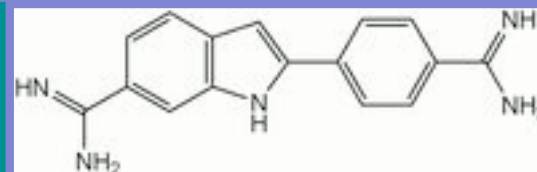
- carburants pour réacteurs d'avion
- papier
- puces électroniques
- peintures
- textiles et cuirs
- métaux
- béton



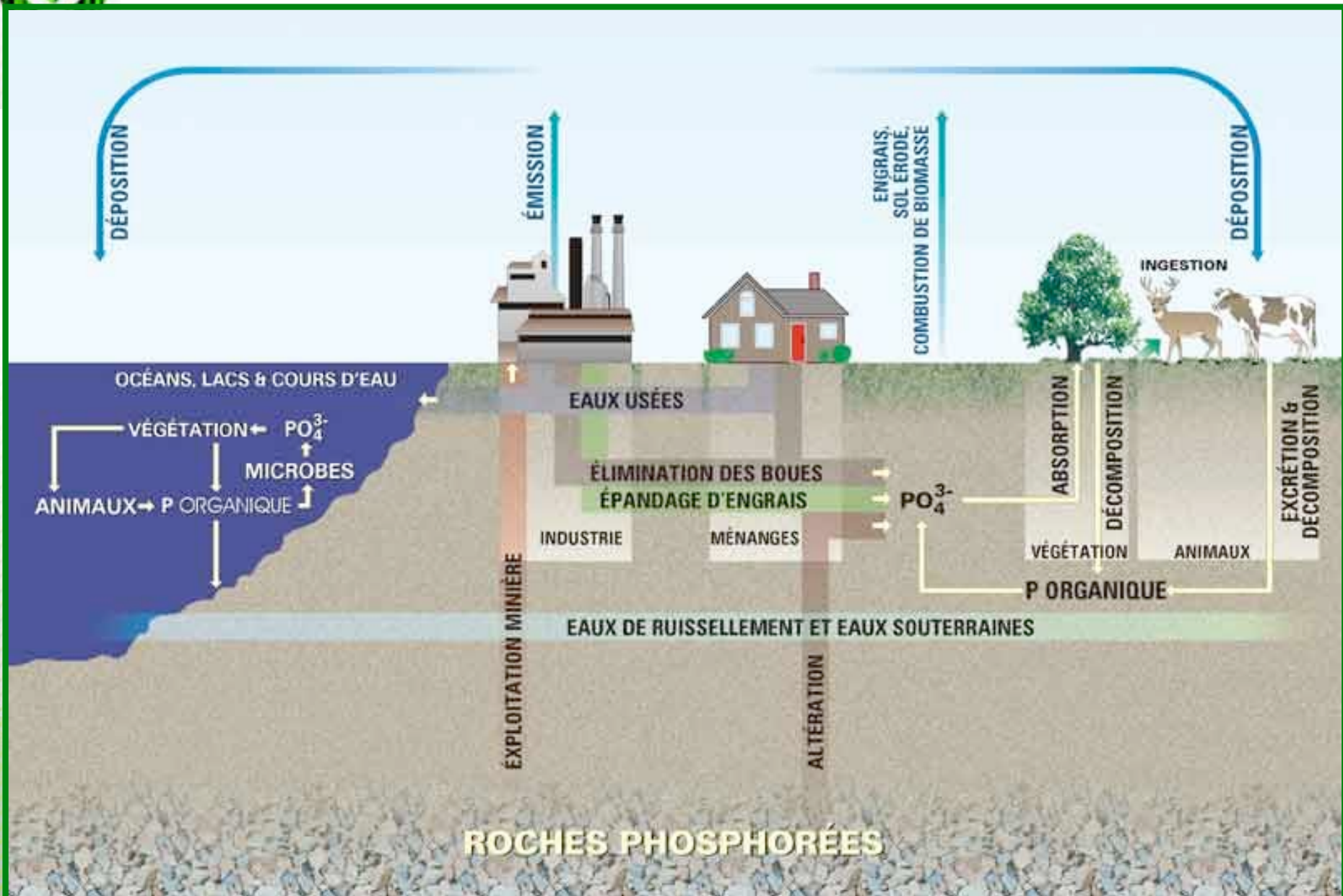
Biofilm



DAPI ou 4',6'-diamidino-2-phénylindole

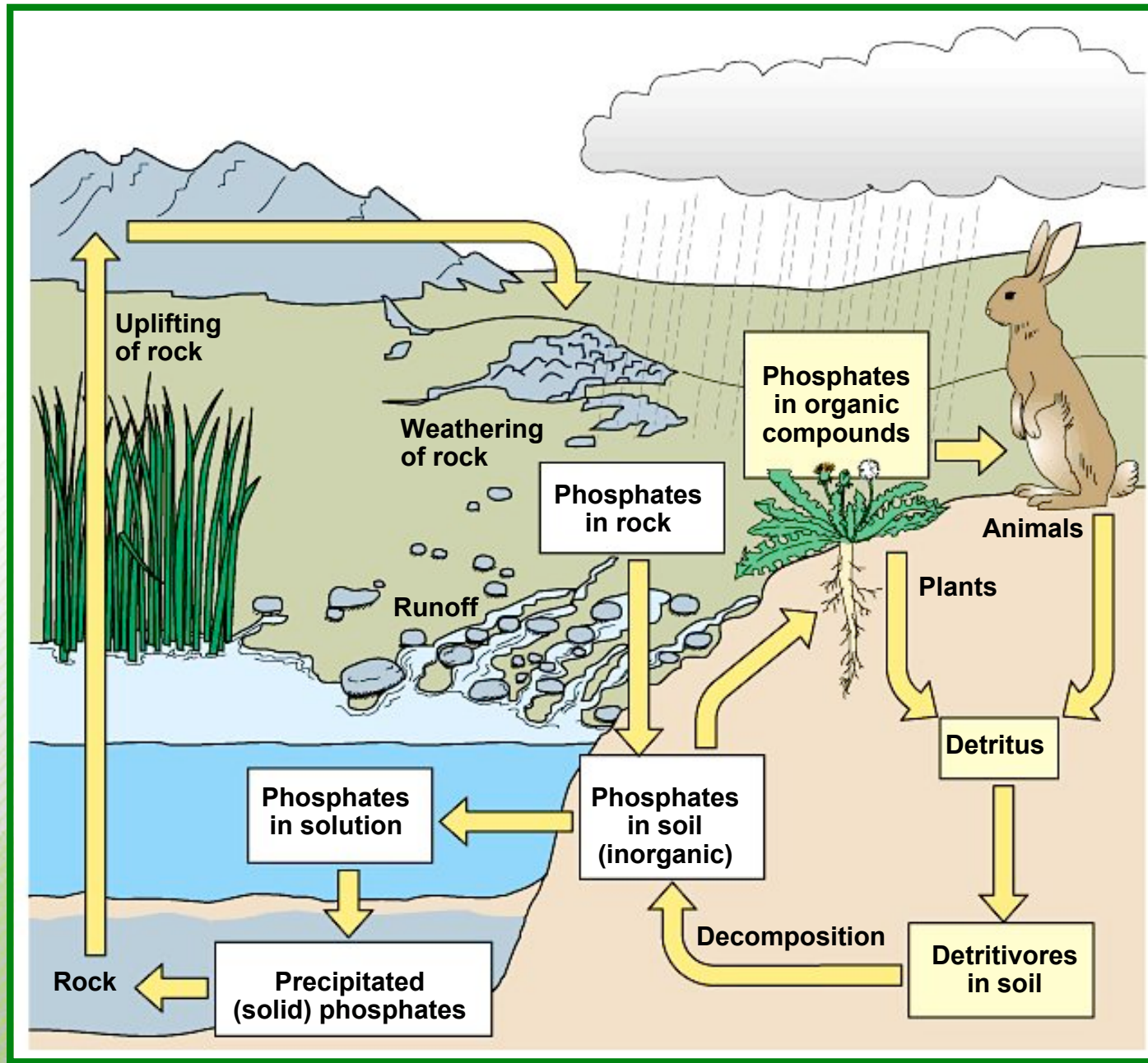


Cycle du phosphore



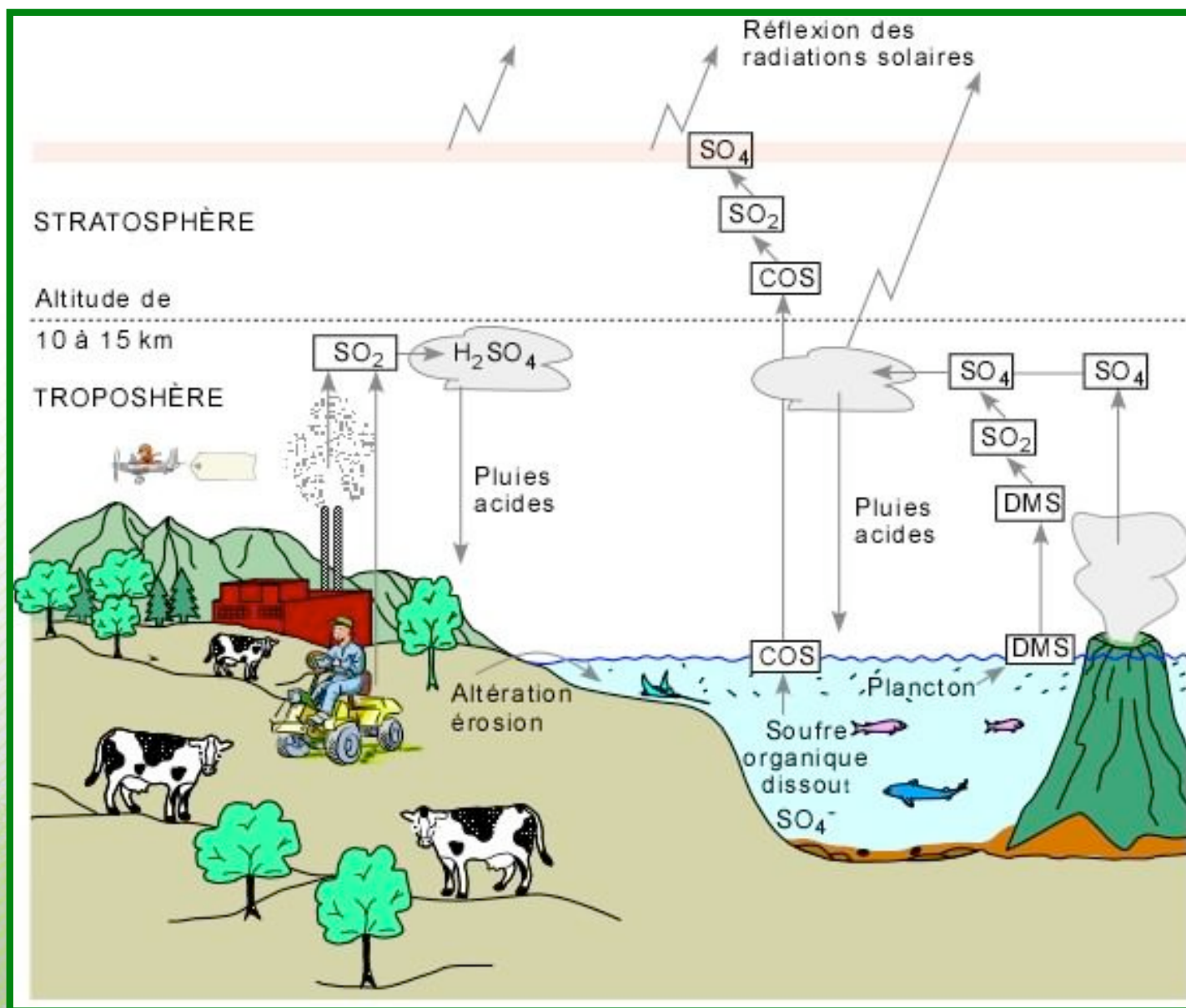


Cycle du phosphore



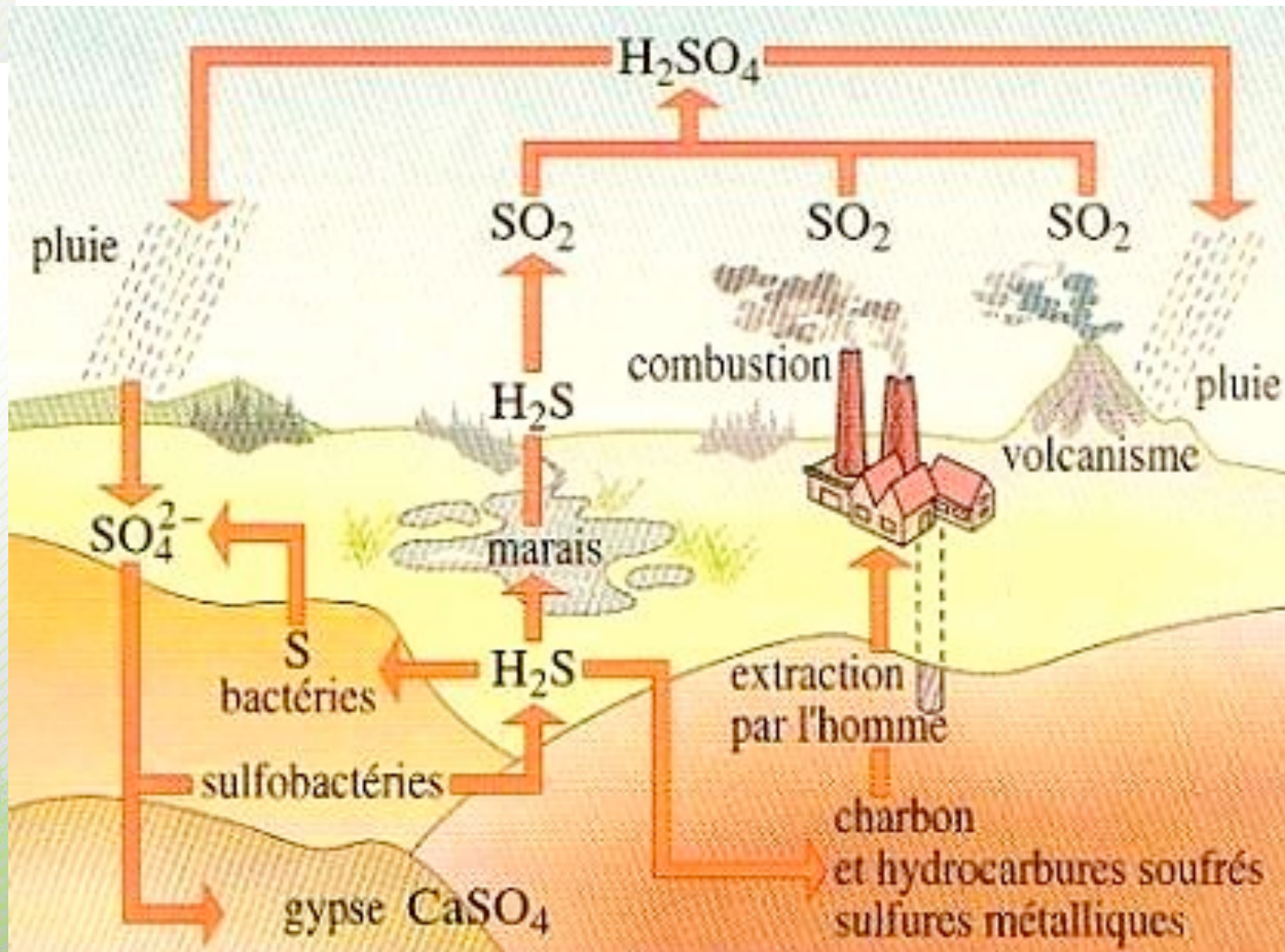


Cycle du soufre



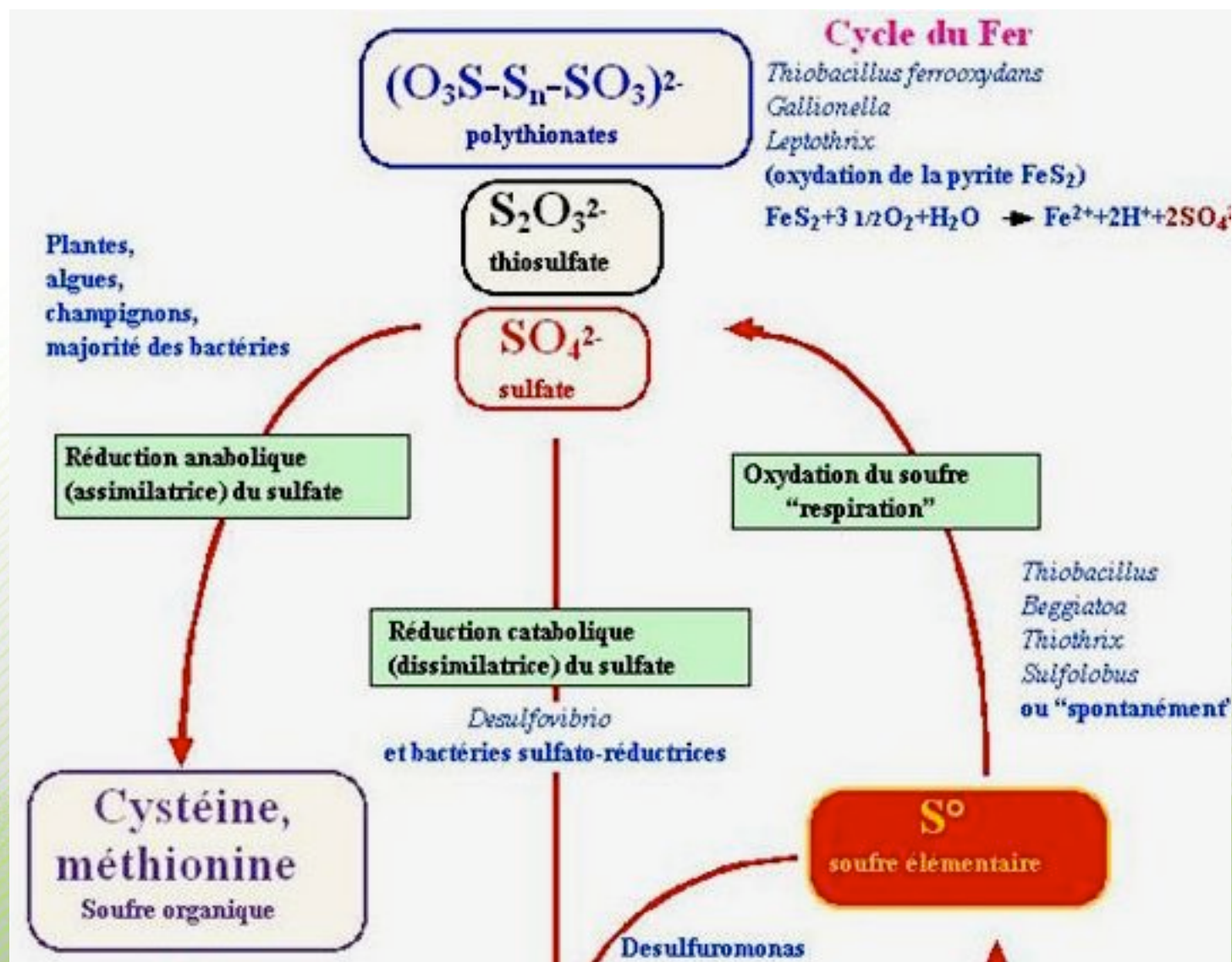


Cycle du soufre



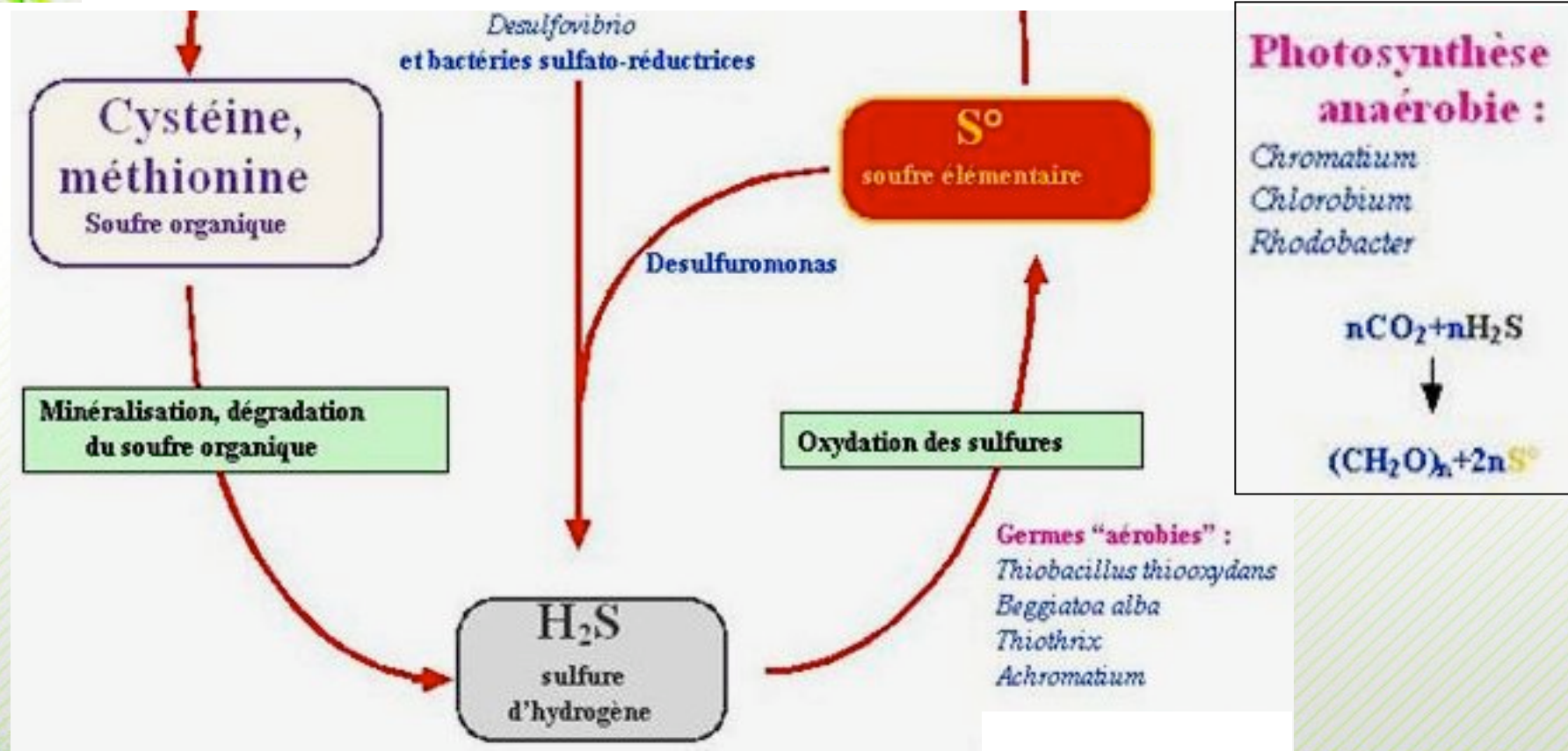


Cycle du soufre



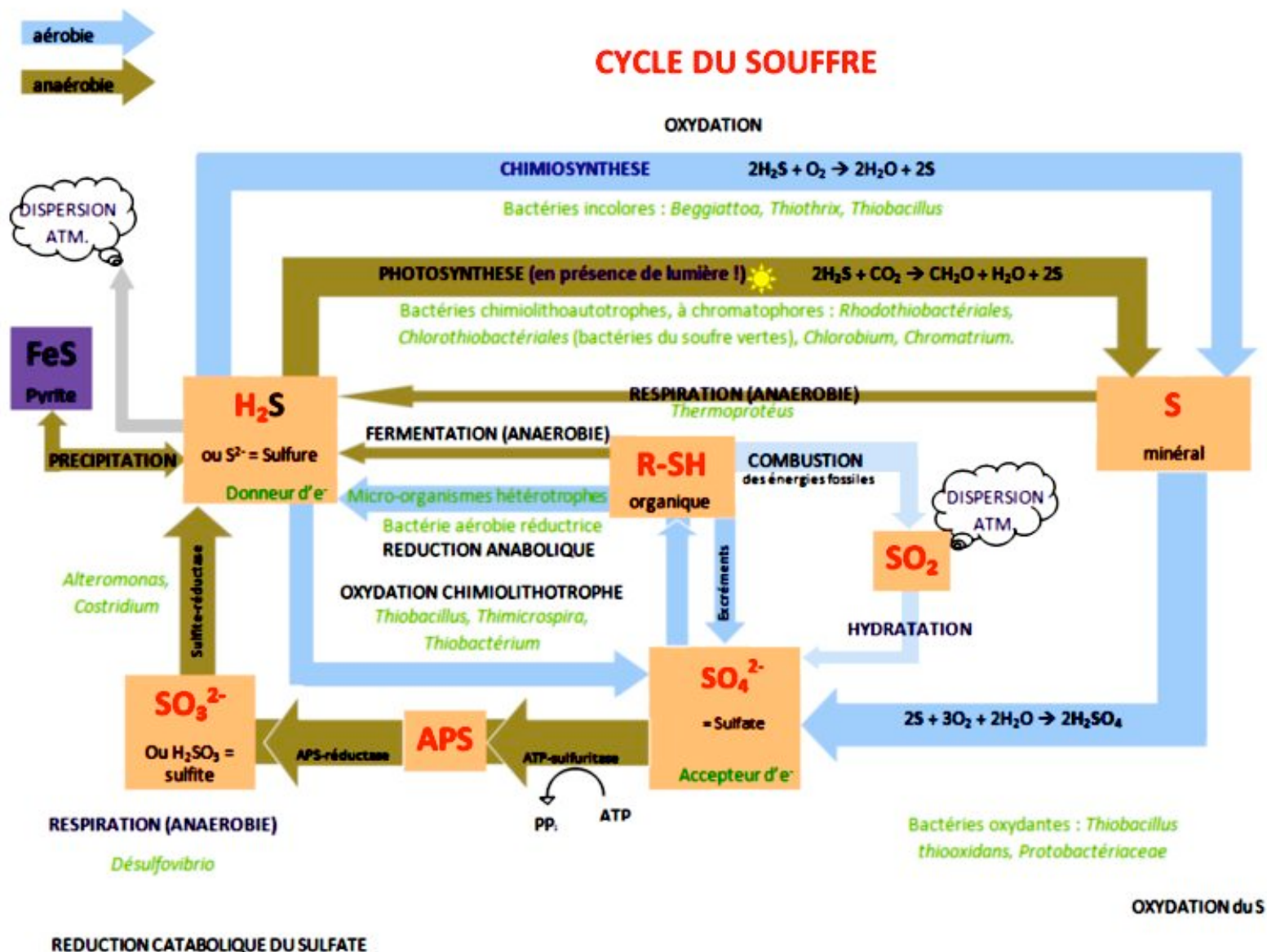


Cycle du soufre





Cycle du soufre





L'AIR

L'AIR N'EST PAS UN MILIEU FAVORABLE AU DÉVELOPPEMENT MICROBIEN. IL CONTIENT PEU DE MICROORGANISMES, SAUF DANS LES LIEUX CLOS HABITÉS PAR L'HOMME.





L'EAU

À CAUSE DES CONDITIONS FAVORABLES QUI Y RÈGNENT, LES EAUX DE SURFACE ABRITENT DES POPULATIONS MICROBIENNES TRÈS DENSES ET TRÈS VARIÉES. CE SONT LES PRODUCTEURS ET LES CONSOMMATEURS FORMANT LE PHYTOPLANKTON ET LE ZOOPLANKTON.



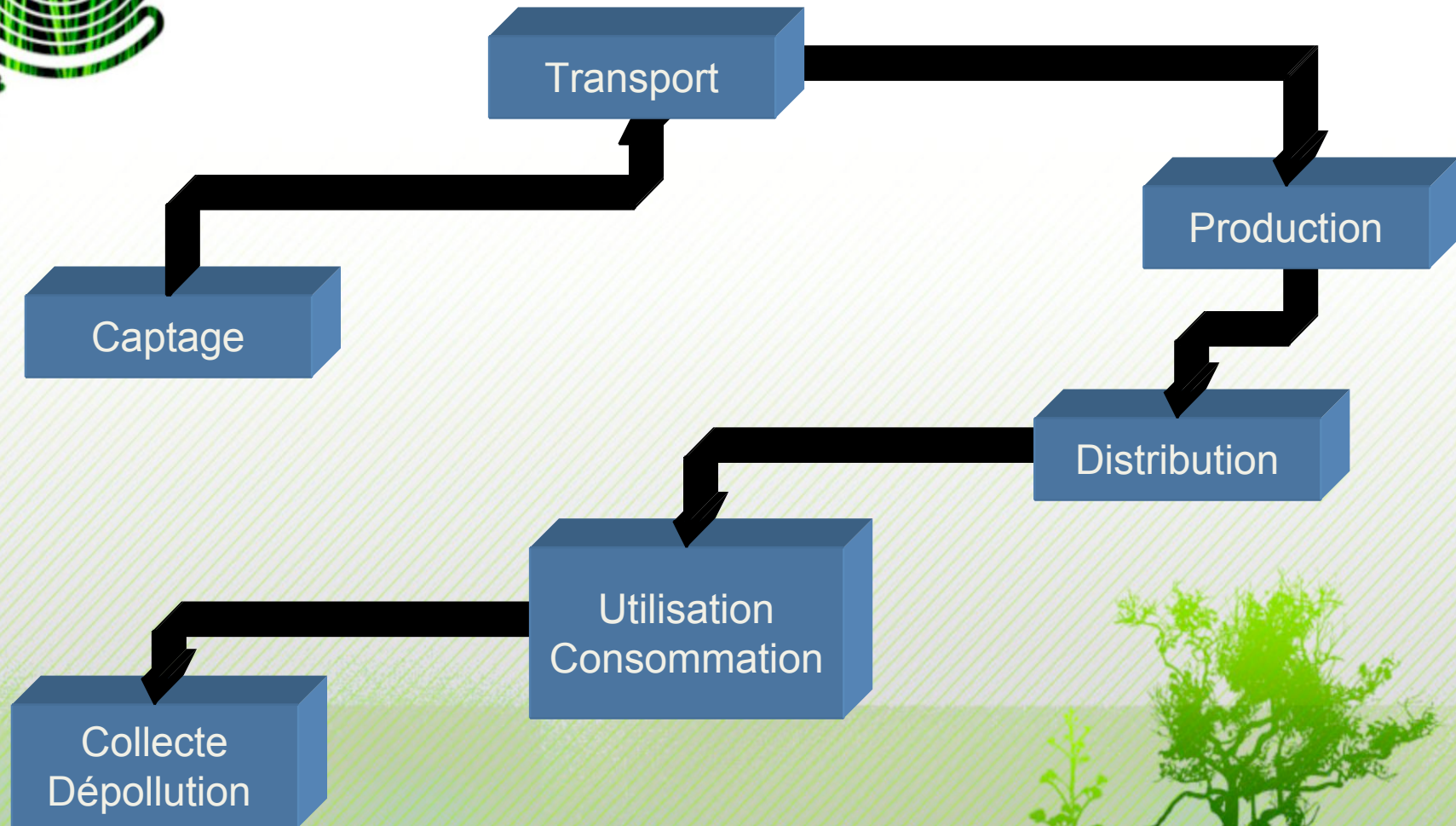
Eau et santé

- De très nombreuses maladies, frappant surtout les pays en voie de développement, sont provoquées par des microorganismes contenus dans l'eau (microorganismes pathogènes). A ces affections s'ajoutent de multiples maladies liées à des parasites dont le cycle de développement nécessite de l'eau.





Cycle usage de l'eau





POLLUTION DE L'EAU

IL EXISTE UNE POLLUTION NATURELLE DE L'EAU PAR LES DIVERS PRODUITS DE L'ÉROSION. MAIS LA POLLUTION DE L'EAU RÉSULTE AUSSI DE L'ACTION DES PLUIES ACIDES, DES ENGRAIS AGRICOLES ET DES MICROORGANISMES REJETÉS AVEC LES MATIÈRES FÉCALES.

CES DIVERS TYPES DE POLLUTION DÉSÉQUILIBRENT LES ÉCOSYSTÈMES (ACIDIFICATION, EUTROPHISATION) ET AFFECTENT LES ORGANISMES QUI Y VIVENT (DESTRUCTION D'ESPÈCES ANIMALES, CONTAMINATION).

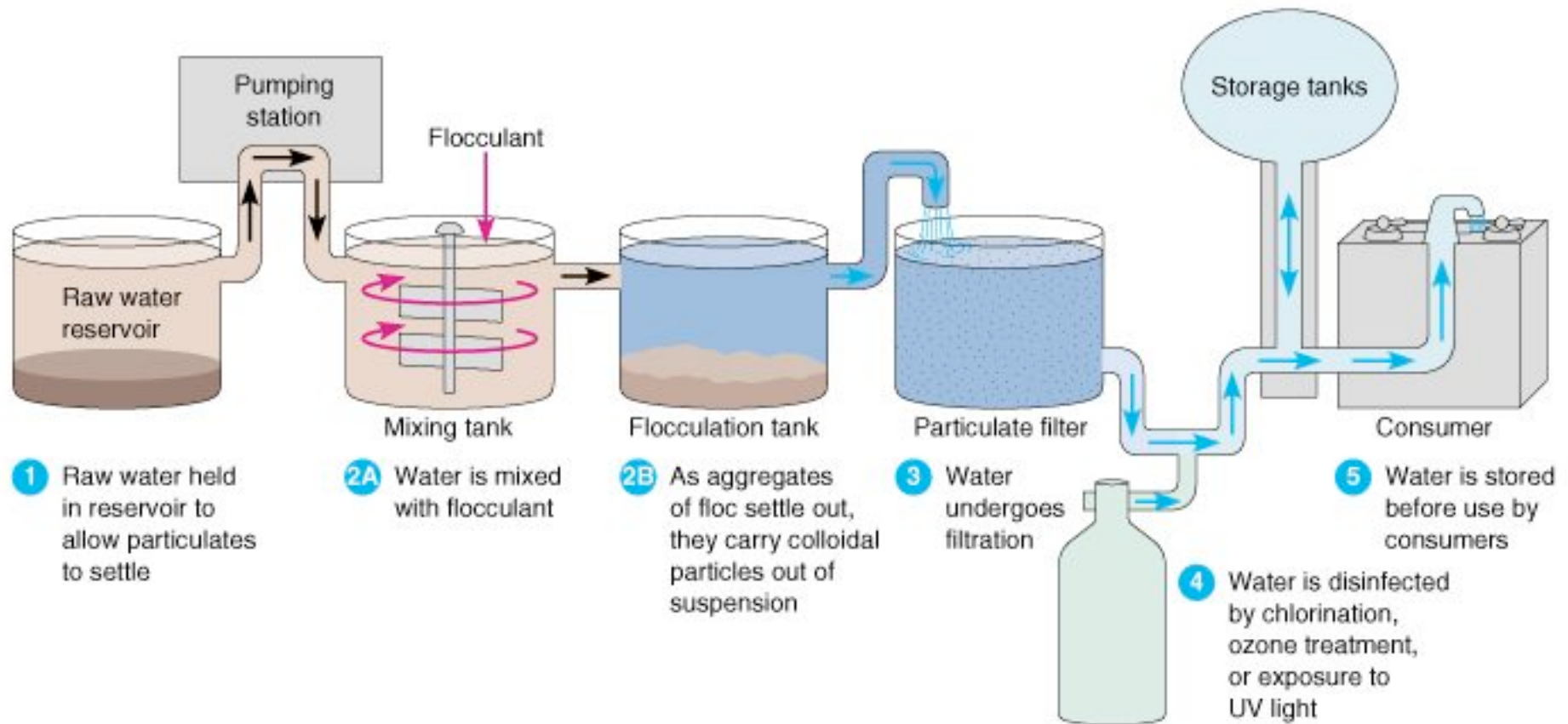


La pollution des eaux

- La pollution est une altération de la qualité de l'eau. Le rejet des eaux domestiques et les différentes activités humaines, industrielles et agricoles, sont les principales sources de pollution des eaux de surface. Celle-ci atteint des niveaux parfois préoccupants, avec des polluants de natures très diverses.



Production d'eau potable



L'assainissement des eaux

- La protection des ressources en eau nécessite l'épuration des eaux usées, contenant différents types de polluants, physiques, chimiques ou microbiologiques. L'épuration est réalisée par des installations d'assainissement individuelles ou collectives. Tous les rejets sont cependant loin d'être correctement traités.





TRAITEMENT DES EAUX

LA PRÉSENCE DES SUBSTANCES INDESIRABLES ET DE MICROORGANISMES PATHOGÈNES REND OBLIGATOIRE LE TRAITEMENT DE L'EAU AVANT SA CONSOMMATION.

ON DISTINGUE LES TRAITEMENTS VISANT À PURIFIER L'EAU AVANT CONSOMMATION ET LES TRAITEMENTS VISANT À L'ÉPURATION DES EAUX USÉES AFIN DE RETOURNER DANS L'ENVIRONNEMENT UNE EAU DE QUALITÉ ACCEPTABLE.

THÉORIQUEMENT, LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES COMPREND TROIS TRAITEMENTS SUCCESSIFS :

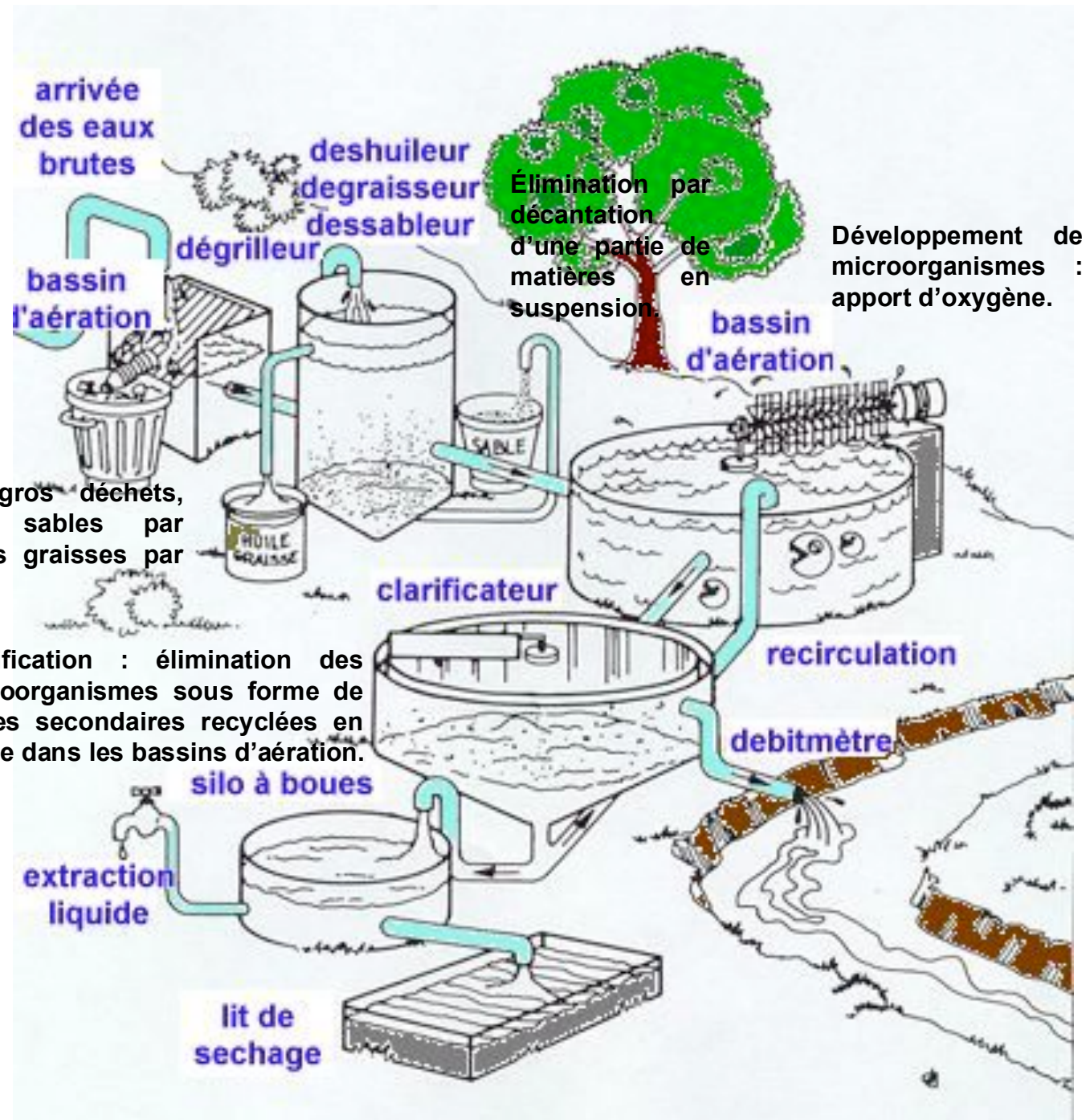
- Un traitement primaire, dont le but est d'éliminer une grande partie des matières solides;
- Un traitement secondaire, qui vise la biodégradation des matières organiques par divers procédés faisant appel aux microorganismes;
- Un traitement tertiaire, qui assure l'élimination des derniers polluants et la désinfection de l'eau.



Traitement des eaux usées

Élimination des gros déchets, élimination des sables par décantation et des graisses par flottaison.

Clarification : élimination des microorganismes sous forme de boues secondaires recyclées en partie dans les bassins d'aération.





Bioremédiation

Utilisation des bactéries pour dégrader les polluants dans le sol ou dans l'eau.

Bioremédiation → bactéries aérobies ou anaérobies

Bactéries indigènes = Biostimulation

Bactéries ajoutées = Bioaugmentation

Avenir des OGM ??

- Marées noires : dégradation du pétrole
- Dépollution des sols
- Biolixiviation = récupération de traces de métaux dans des minerais pauvres.



Fin

