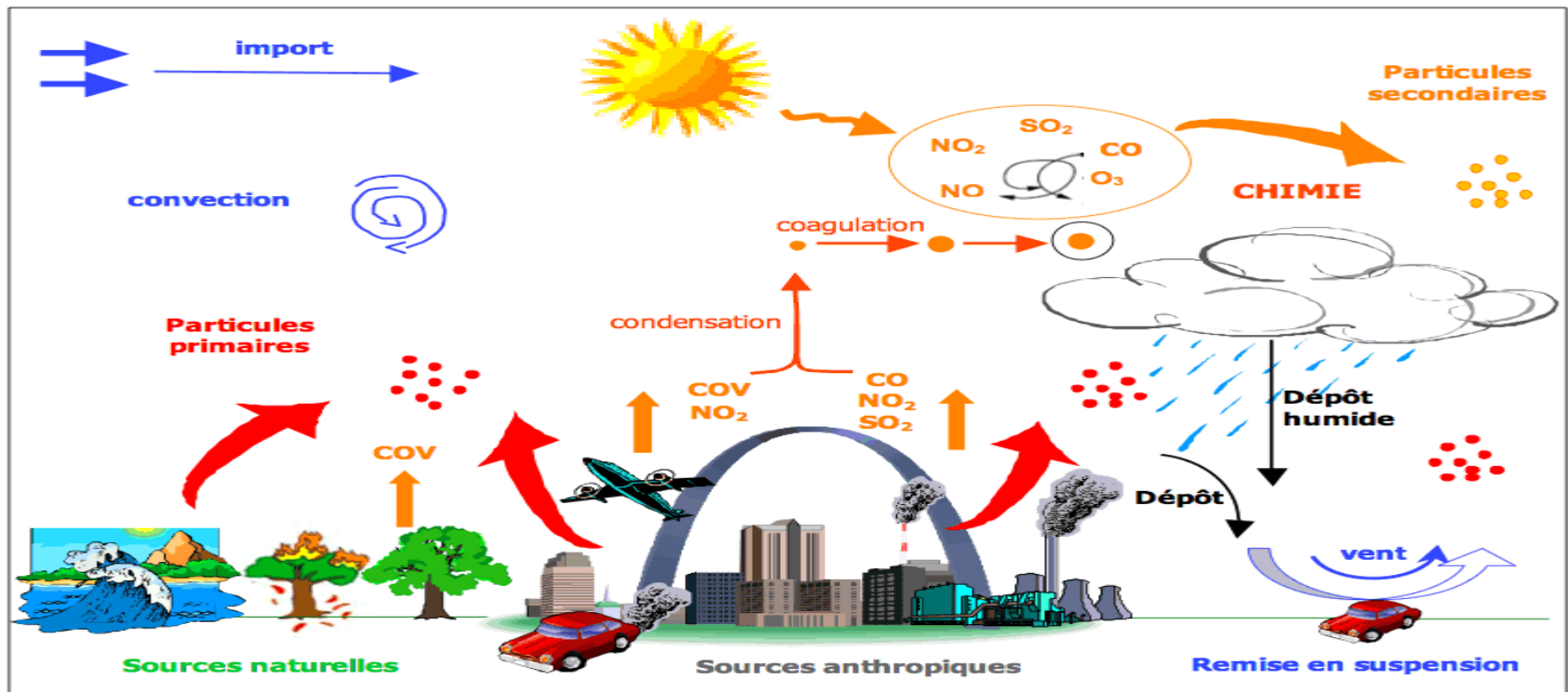


Les Classes des Polluants et leurs effets sur l'environnement

Représentation schématique des principales sources de particules dans l'air ambiant



Source : Synthèse des connaissances sur les particules atmosphériques..., rapport disponible sur le site d'Airparif

Classification des polluants

Critères et classification

La nature des polluants est extrêmement **variée**.

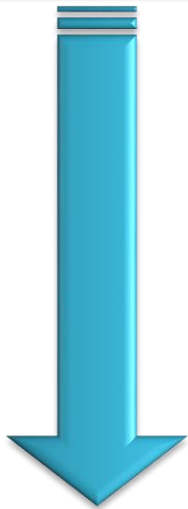
Les polluants sont **disséminés** dans tous les **compartiments**: hydrosphère, atmosphère, lithosphère, biosphère.

des polluants appartenant à des groupes **différents** peuvent avoir des **effets voisins**. Par exemple, un pesticide et un plastifiant, bien que n'appartenant pas à la **même classe**, peuvent avoir tous deux un **effet de perturbateur endocrinien**.

La classification la plus usitée est celle de **Ramade (1977)** qui distingue :

P O L L U A N T S

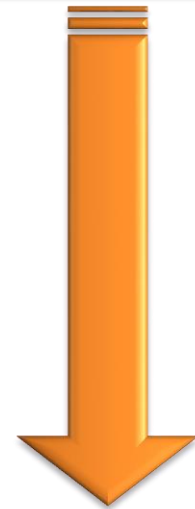
Physiques Chimiques Biologiques



radiations ionisantes,
pollution thermiques,
nucléaires



hydrocarbures,
matières plastiques,
pesticides, nitrates,
phosphates, métaux
lourds, fluores...



matières organiques
mortes, agents
pathogènes...

1. Les polluants physiques

a. Pollution thermique

Dans certains procédés industriels, de la **chaleur** est produite. La manière la moins coûteuse de se "**débarrasser**" de cette chaleur est de **pomper de l'eau dans l'étendue d'eau voisine**.

En effet, **l'augmentation de la température diminue la teneur en oxygène** dissous dans l'eau ce qui peut poser des problèmes de **respiration** pour certains organismes aquatiques sensibles.



b. Pollution radio active : les radio-isotopes

Le récent **accident de la centrale nucléaire de Fukushima** au Japon en est un exemple, même si on ne peut, à l'heure actuelle, en mesurer l'ensemble des conséquences écologiques.

c. Le bruit

Le bruit peut être une nuisance importante, en particulier pour **la faune**.

d. Pollution lumineuse

Il peut s'agir notamment de l'impact de **l'éclairage public** sur les **animaux nocturnes** (oiseaux migrateurs, invertébrés du sol, etc.).

2. Les polluants chimiques



a. Les hydrocarbures liquides

Un hydrocarbure est un composé **organique** contenant exclusivement des atomes de **carbone (C)** et d'**hydrogène (H)**.

➤ Production

Sous forme de **carbone fossile**, ils sont une ressource **énergétique** essentielle pour l'économie depuis la révolution industrielle, mais aussi **source de gaz à effet de serre** issus de leur utilisation massive.

➤ Voie d'introduction dans l'environnement



Origine du déversement d'hydrocarbures
dans le milieu marin

b. Les détersifs et tensioactifs

C'est des composés indispensables à l'**hygiène** et à la **cosmétologie**. Ils **dispersent les corps gras** dans l'**eau** et constituent en quelque sorte le **principe actif des agents lavants**. Ils entrent dans la composition par exemple des shampoings, dentifrices, etc

➤ Production

En **2001**, le volume mondial de production de tensioactifs est de **11 millions de tonnes** (cnrs.fr, 2011).

➤ Voie d'introduction dans l'environnement

- industries qui les produisent
- les rejets domestiques via les **stations d'épuration** (eaux usées).

c. Les plastifiants

Un plastifiant est une molécule, à **l'état solide** ou à **l'état liquide** plus ou moins visqueux qui est ajouté aux **formulations** de différents types de **matériaux** pour les rendre plus **flexibles**, **plus résistants**, **plus résilients** et/ou **plus faciles à manipuler**.



➤ Production

Le **Bisphénol A** et **les phtalates** sont parmi les plastifiants les plus utilisés. On les retrouve dans de nombreux objets du quotidien

- **Bisphénol A** : la production annuelle mondiale de **BPA** en **2006 était** d'environ **3,8 millions de tonnes** (Geens, 2009).
- ce composé est présentes dans les bouteilles, emballages alimentaires, industries électrique, etc.



- **les phtalates** : on trouve les **phtalates** dans pratiquement tous les articles en **PVC** tels que cadre pour fenêtre, anneaux de dentition, ballons, etc..



➤ Voie d'introduction dans l'environnement

- industries
- les rejets domestiques.

d. Les pesticides

Les principaux pesticides utilisés actuellement appartiennent à quelques grandes familles chimiques :

- les organochlorés (hydrocarbures chlorés)

Comme le **DDT** synthétisé dès les années **1940**, il a été utilisé partout dans le monde dans la lutte contre les insectes, jusqu'à ce que l'on découvre qu'il était peu **dégradable** et pouvait se concentrer dans les organismes en bout de **chaîne alimentaire**, par **bio-accumulation**, avec des risques certains pour la **santé humaine**.

- les organophosphorés

Ils se **dégradent** assez rapidement dans l'environnement mais qui ont des **effets neurotoxiques sur les vertébrés**.

- les pyréthroïdes

Sont des insecticides de synthèse **très toxiques** pour les **organismes aquatiques**.

- Les carbamates

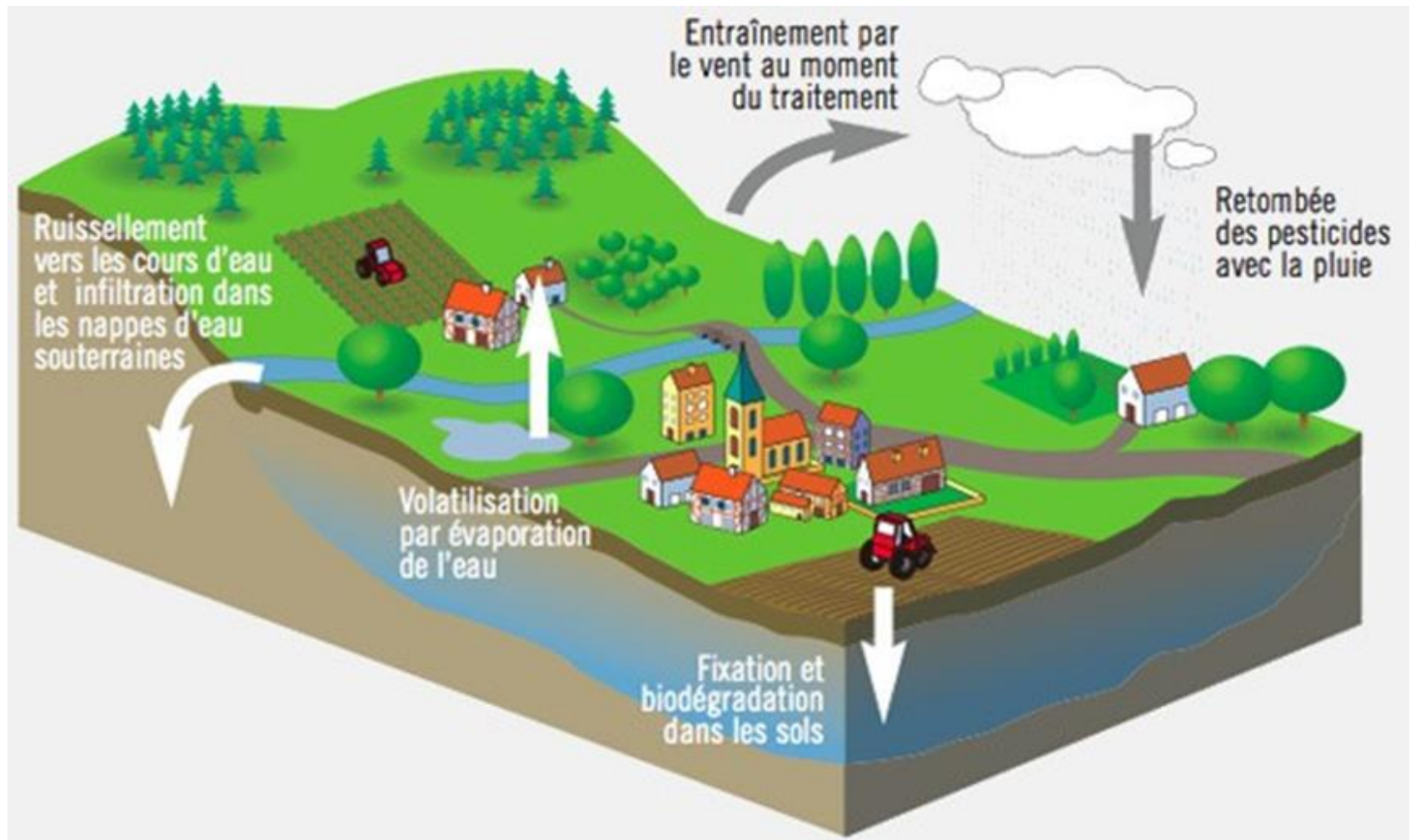
Très toxiques, sont utilisés comme **insecticides** et **fongicides**.

➤ Production

- L'agriculture environ **90%**
- Les **10%** restants sont utilisés pour l'entretien des infrastructures routières et ferroviaires, des espaces verts, des trottoirs, etc.



➤ Voie d'introduction dans l'environnement



e. Les matières eutrophisantes

Les matières eutrophisantes sont des **matières nutritives** à l'origine d'une forme particulière de pollution : l'eutrophisation (ou **dystrophisation**) .

Ce type de pollution se produit lorsqu'un **milieu aquatique** reçoit trop de **matières nutritives** assimilables par les **algues** et que celles-ci **prolifèrent**. Les principaux nutriments composant ces matières eutrophisantes sont :

- **le phosphore** (contenu dans les phosphates)
- **l'azote** (contenu dans l'ammonium, les nitrates et les nitrites) (cnrs.fr, 2011c).

➤ Origine

Ces matières eutrophisantes ont pour principales origines :

- **les épandages agricoles**
- **les rejets industriels ou urbains (eaux usées)**

f. Les métaux lourds

La notion de métaux lourds est un concept factuel, industriel, avant tout empirique. On parle maintenant davantage d'**Eléments Traces Métalliques (ETM)**.

➤ Production

- Présent naturellement à l'état de traces dans le sol.
- dans de nombreux objets : les piles (cadmium), l'électronique (le cuivre), les tuyauteries (plomb), les prothèses de hanches (nickel), etc.

➤ Voie d'introduction dans l'environnement

Les métaux lourds peuvent se retrouver dans l'environnement (terrestre ou aquatique) dans des **concentrations supérieures** aux **concentrations naturelles**.

- **par des industries** Ces métaux lourds peuvent contaminer non seulement, **les organismes du sol** mais aussi **les plantes** et **les animaux** qui se nourrissent de ces plantes.
- **accident industriel** : c'est le cas par exemple de la pollution "**des boues rouges**" en Hongrie de **2010** qui contamina **les sols** et **les cours d'eau** suite à la rupture d'un réservoir d'une usine de bauxite-aluminium



g. Les médicaments et cosmétiques

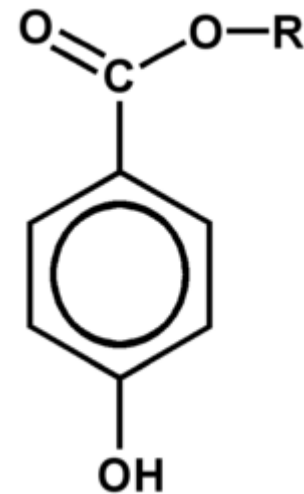
Les substances actives qui composent ces médicaments peuvent avoir des **effets sur les écosystèmes**. Ces substances peuvent en effet, via les **eaux usées**, être rejetés dans les **milieux aquatiques** et **affecter** certains **organismes vivants**.

propriétés anti-oestrogéniques (anti-féminisant).



les eaux usées domestiques, les effluents provenant des hôpitaux

paraben utilisé comme conservateur dans de nombreux produits tels que les shampoings ou les gels douche.



3. les polluants de nature biologique

- les toxines algales,



- les germes pathogènes (Bactéries)



- les parasites



II- Sources de pollution

a- **Production d'énergie:** utilisation et gaspillage de ressources non renouvelables avec comme **conséquences de l'extraction et de la combustion du pétrole:**

- marées noires,
- pollution continentale et littorale,
- développement du transport routier,
- contamination diffuse de l'air,
- effet de photo-oxydants produits par les gaz d'échappement sur la végétation,
- augmentation du dioxyde de soufre SO_2 .





b- Activités industrielles: émissions de

- **Composés minéraux:** Métaux et métalloïdes: mercure, plomb, cadmium, arsenic
- **Composés organiques:** aldéhydes, phénols, pesticides, fluorures, chlorés
- **Matières plastiques:** polyéthylène, polystyrènes, polyuréthane.

c- Diversification de l'industrie chimique:
1000 substances nouvelles/an dont la
nocivité et la **toxicité** sont souvent très mal
connues.

d- Agriculture :
engrais, pesticides.



e- Pollutions anthropiques (chimiques):



perturbent les équilibres globaux avec réchauffement climatique; pluies acides de la transformation:

- des oxydes de soufre (SO_2 SO_3) en acide sulfurique (H_2SO_4)
- des oxydes d'azote (NO , NO_2) en acide nitrique (HNO_3) (pH des pluies acides $< 2,5$).

III- Modes d'absorption du toxique dans l'organisme

Trois modes d'absorption du toxique dans l'organisme :

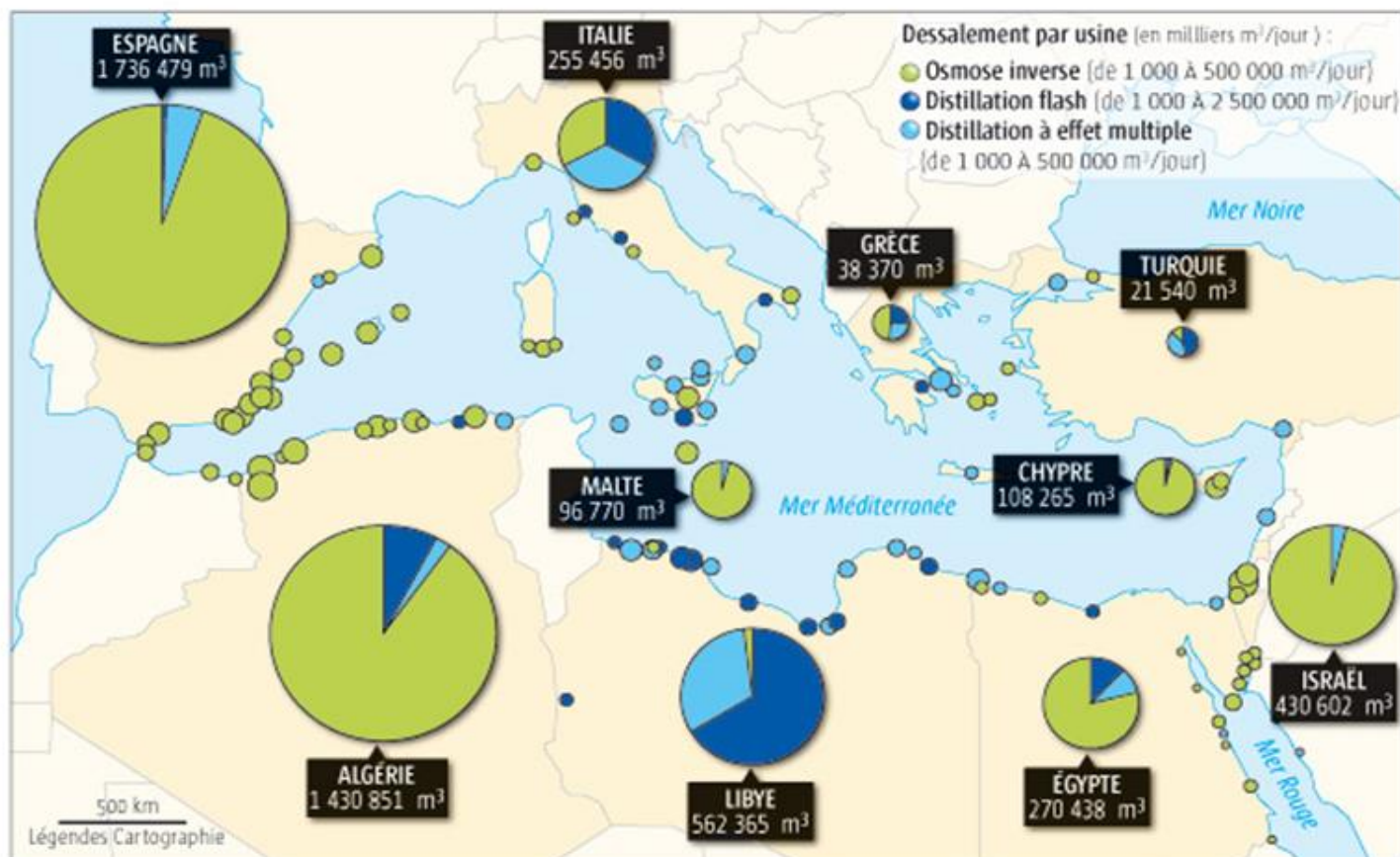
- la voie **respiratoire** (toxicité par inhalation).
- la voie **trans-tégumentaire** (toxicité percutanée ou par contact).
- la voie **orale** (toxicité par ingestion).

IV- Les effets de la pollution sur l'environnement et l'écosystème

a. Dessalement

Fig.1 Le dessalement en Méditerranée

SUR LE POURTOUR DE LA MÉDITERRANÉE, 76 % de la production d'eau douce est assurée par des installations d'osmose inverse. Les plus grosses usines sont situées en Espagne, en Israël et en Algérie, ainsi que dans certaines grandes îles, comme les Canaries. La carte indique toutes les installations produisant plus de 1 000 mètres cubes par jour. La salinité moyenne de la mer Méditerranée est de 36 à 39 grammes par litre mais elle s'élève à 40 grammes par litre dans la mer Rouge et atteint 270 grammes par litre dans la mer Morte (en Israël).



➤ Les impacts sur l'environnement

• Des procédés énergivore

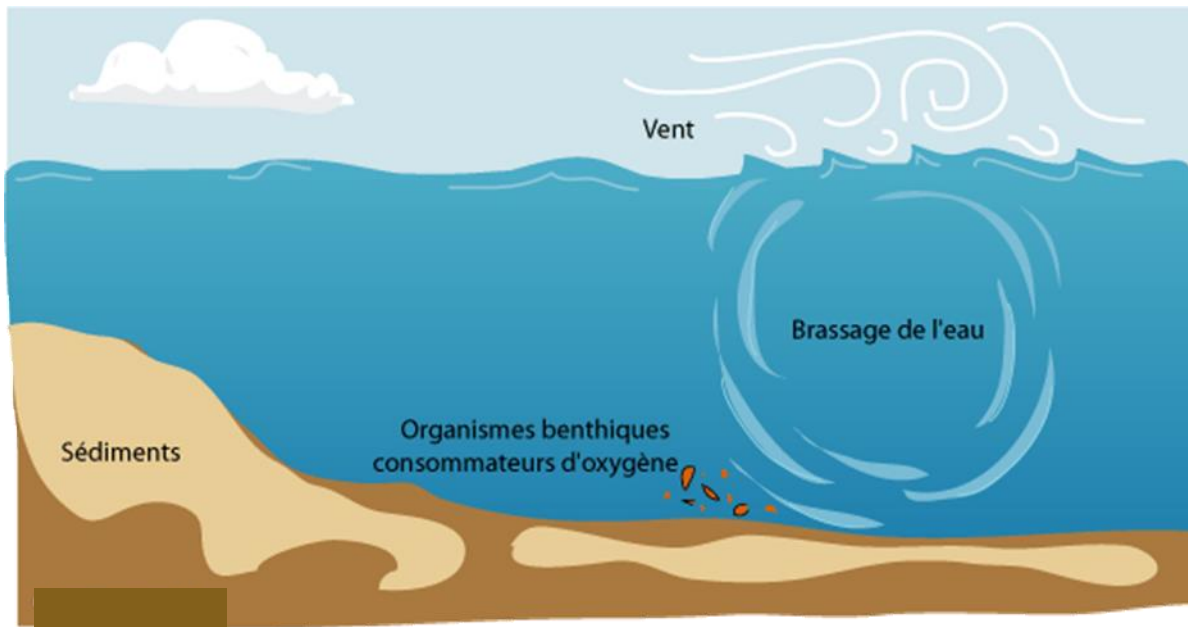
cette **énergie** est le plus souvent fournie par des **combustibles fossiles** qui présentent pour l'environnement l'inconvénient **d'émettre des polluants** atmosphériques, notamment du dioxyde de carbone (**CO₂**), des **oxydes de soufre** et d'**azote** et des particules solides.

• Impacts liés aux rejets

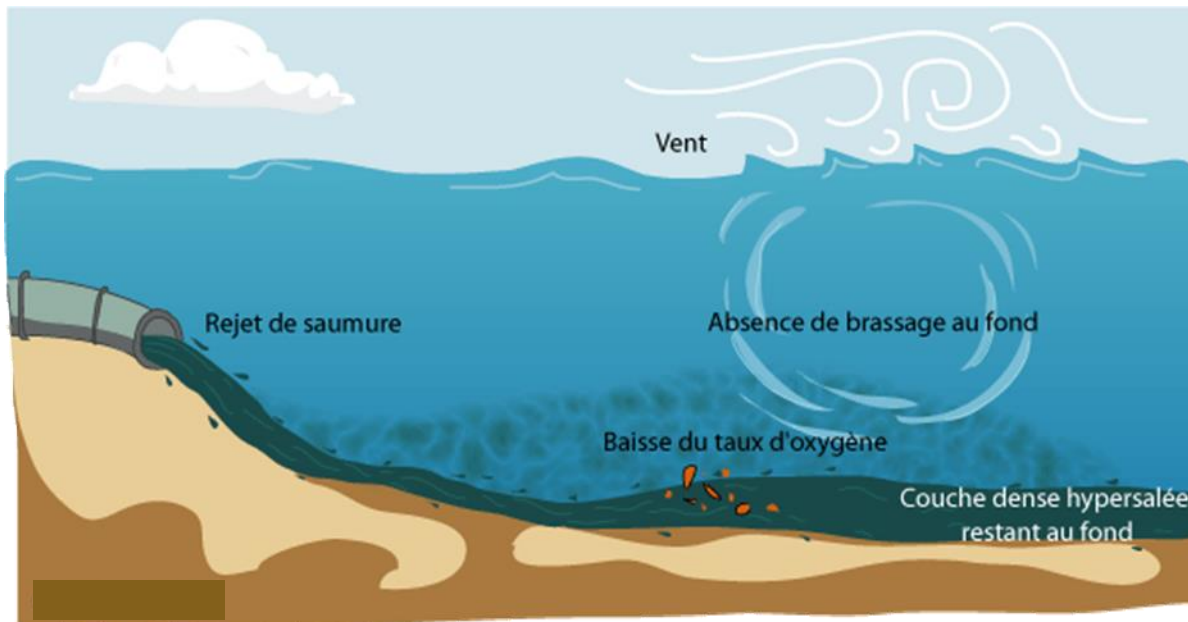
La forte salinité des eaux de rejets est à l'origine des principaux **impacts sur les écosystèmes marins**.

Ce phénomène peut conduire à des modifications du milieu local :

- **Anoxie (absence d'oxygène) au niveau des fonds marins** : la diminution des brassages associée à la présence d'espèces consommatrices d'oxygène peut conduire à des périodes **d'anoxie du fond marin** (freixa, 2009)
- **Diminution de la lumière** : la présence **d'eau hypersalée** provoque la formation d'un brouillard qui rend difficile le passage de la lumière, affectant ainsi la **photosynthèse des espèces marines végétales**.



Etat initial du milieu (pas de rejet de saumure)



Etat du milieu après implantation de l'usine de dessalement (rejet de saumure)

- Augmentation de la température

- Des rejets des produits chimiques

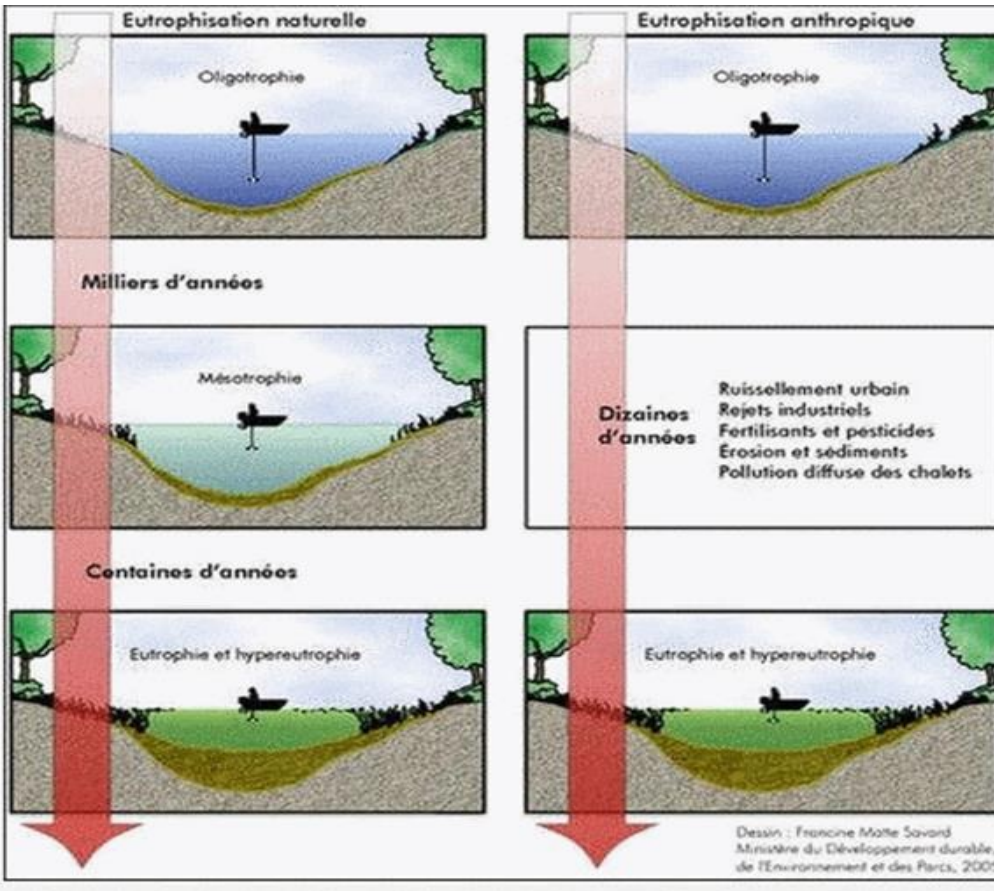
- ✓ acide sulfurique (H_2SO_4), acide chloridrique (HCl).....etc

➤ Les effets de l'augmentation de la salinité et de la température sur les écosystèmes marins

- Une étude de (**Mabrouk, 1994**) a ainsi mis en évidence une **disparition du corail** et des **organismes planctoniques** et une **diminution des populations de poissons** à proximité du rejet de l'usine de dessalement égyptienne d'Hurghada, **en mer rouge**
- D'autres études ont également révélé que ces hausses de **températures** et de la **salinité** pouvaient également provoquer une diminution de la **diversité et de l'abondance de la macrofaune benthique** (= organismes vivant sur le fond)

b. eutrophisation

L'eutrophisation est une forme de pollution qui se produit lorsqu'un **milieu aquatique** reçoit **trop de matières nutritives** assimilables par les **algues** et que celles-ci **prolifèrent**.



L'eutrophisation : un phénomène **naturel** pouvant être accéléré par **l'homme**

➤ Vers une asphyxie du milieu aquatique

Etape 1: apport excessif de **substances nutritives** Ces substances peuvent provenir **d'épandages agricoles** (engrais riches en azote et phosphore).

Etape 2: **croissance et multiplication des algues** Stimulées par cet apport nutritif, en particulier dans les couches d'eau de surface puisque les végétaux ont besoin de lumière pour se développer.

Etape 3: **dégradation de ces algues par les bactéries aérobies**, lorsque ces algues se décomposent, il va y avoir une augmentation de la quantité de nourriture pour les **bactéries aérobies** (bactéries ayant besoin d'oxygène).

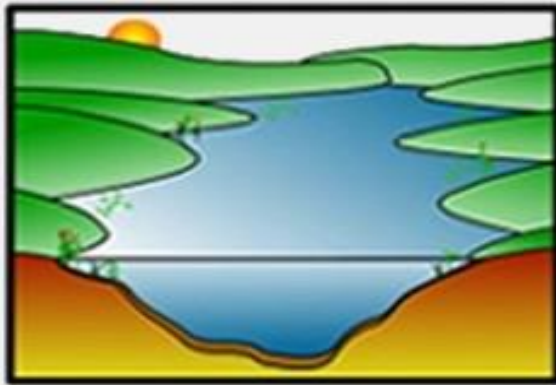
Etape 4: **asphyxie du milieu aquatique**, ces bactéries prolifèrent à leur tour, consommant de plus en plus d'oxygène. Dans le cas d'un lac profond, le **fond du lac est peu oxygéné** en raison d'une absence de circulation suffisante des eaux. Les **bactéries** finissent donc par **épuiser l'oxygène des couches d'eaux profondes** et ne peuvent plus dégrader toute la matière organique morte, qui **s'accumule sur le fond du lac**.

Etape 5: Diminution de la biodiversité et de la qualité de l'eau en tant que ressource

Dans les profondeurs du milieu eutrophisé, la vie disparaît peu à peu : les espèces animales sensibles à la baisse de la teneur en oxygène dissous et les bactéries aérobies meurent asphyxiées. Au bout d'un certain temps, seules les bactéries anaérobies (qui vivent sans oxygène) survivent dans ce milieu dépourvu d'oxygène : elles se multiplient et provoquent la fermentation de toute la matière organique accumulée, libérant des gaz nauséabonds (hydrogène sulfuré et ammoniac) et du méthane (cnrs.fr, 2011d). Elles peuvent également libérer des toxines qui peuvent être nocives pour certains mammifères

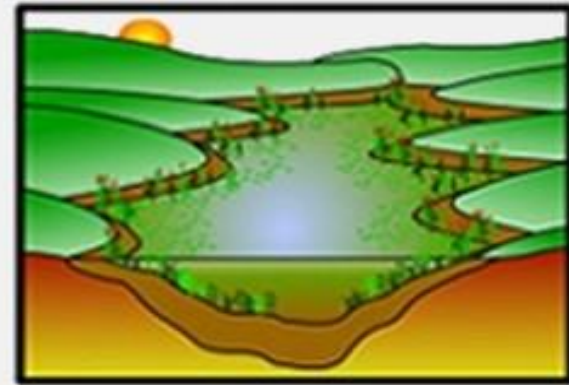
De plus, les végétaux colmatent le fond des milieux aquatiques détruisant ainsi les milieux de vie des invertébrés et les zones où fraient les poissons.

Oligotrophe



- ❖ Eaux claires
- ❖ Eaux fraîches
- ❖ Peu de végétaux aquatiques
- ❖ Eaux bien oxygénées
- ❖ Fond de roches, graviers, sables
- ❖ Beaucoup d'espèces animales et végétales

Eutrophe



- ❖ Eaux peu transparentes
- ❖ Eaux chaudes
- ❖ Beaucoup de végétaux aquatiques
- ❖ Eaux peu oxygénées
- ❖ Fond de vase
- ❖ Peu d'espèces animales et végétales (mortalité des espèces sensibles)

Processus d'eutrophisation

c. Les résidus de médicaments



Les **substances actives** contenues dans ces **médicaments** se caractérisent par des structures chimiques très variées. Une fois que ces médicaments ont agi dans l'organisme, ils sont excrétés, essentiellement dans les **selles** et les **urines**, puis sont rejetés dans les réseaux **d'eaux usées** (médicaments **humains**) et dans les **sols** (**médicaments vétérinaires**). Ces résidus de médicaments se retrouvent donc d'une manière ou d'une autre dans **l'environnement** et **potentiellement** dans **nos sources d'eau potable** (MEDDTL, 2011).

		Entrée de station d'épuration	Sortie de station d'épuration	Cours d'eau Lacs	Captage
Diclofenac		0,105-4,11 µg/L	0,035-2,5 µg/L	0,001-3,2 µg/L	0,005-0,38 µg/L
Ethinylestradiol		0,0008-0,0028 µg/L	0,0002-0,042 µg/L	0,001-0,003 µg/L	pas de données
Ibuprofène		0,170-59,2 µg/L	0,002-24 µg/L	0,001-27 µg/L	0,0006-0,200 µg/L
Paracétamol		55,3-292 µg/L	jusqu'à 2 µg/L	0,03-250 µg/L	détecté
Sulfamethoxazole		0,02-1,25 µg/L	0,01 à 2,0 µg/L	0,004-4,01 µg/L	0,002-0,41 µg/L

Des médicaments retrouvés à des faibles concentrations dans les milieux aquatiques

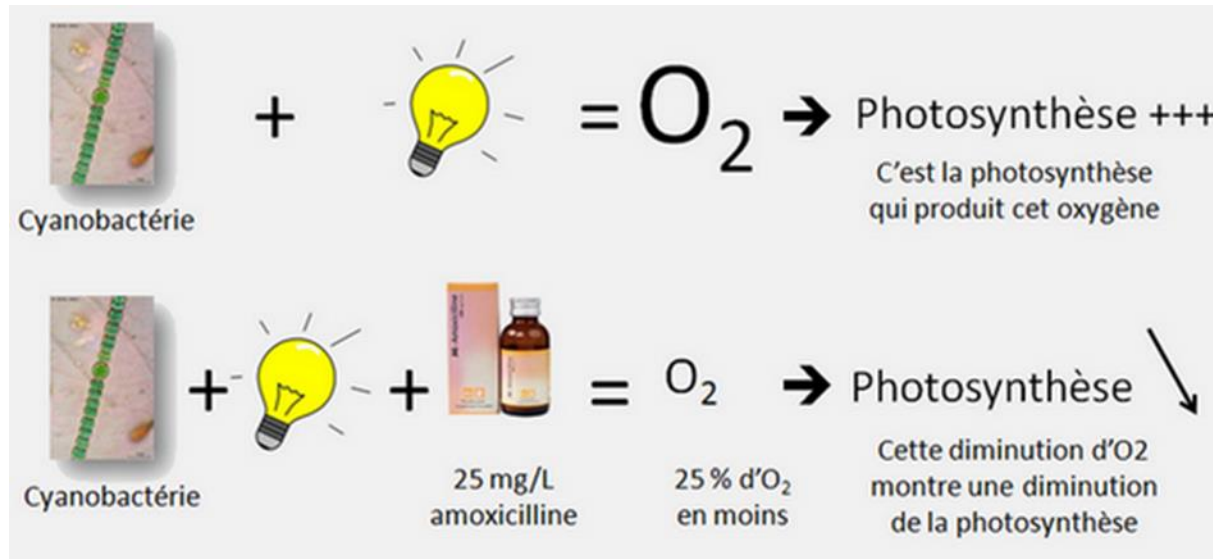
➤ Effets sur les écosystèmes

- un article publié dans la revue « **Nature** » (Oaks, 2004) relie la **diminution drastique de populations de vautours** du Pakistan à l'**accumulation** dans leur organisme de **résidus** d'un **anti-inflammatoire**, le **diclofénac**. En se **nourrissant de bétail** préalablement traité avec **ce médicament**, ces rapaces **accumulent** ce composé dans leur organisme, qui entraînerait chez eux une **insuffisance rénale** pouvant aboutir à la **mort** de l'individu.



- Des antibiotiques toxiques pour les algues bleues et vertes

En raison de leurs **propriétés antibactériennes**, les **antibiotiques** sont très **toxiques** envers les **algues bleues** (= cyanobactéries) et les **algues vertes**

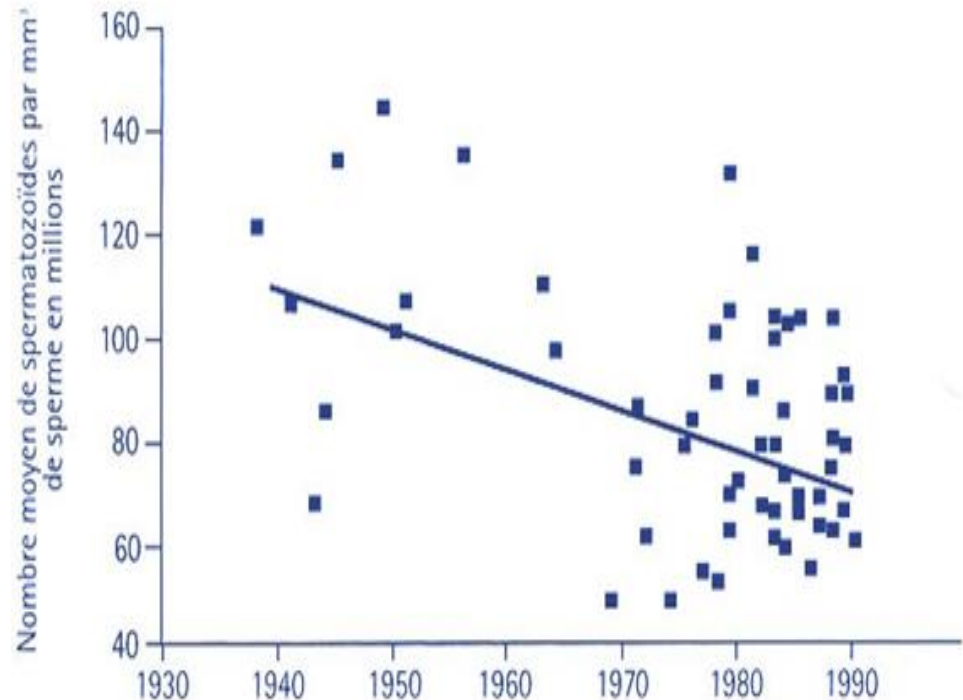


Diminution de la **teneur en oxygène** en présence d'**amoxicilline**, traduisant une inhibition de la photosynthèse de la cyanobactérie *Synechocystis* sp. en présence du composé (Pan, 2008)

d. Les perturbateurs endocriniens

plusieurs études ont permis d'établir que la **concentration spermatique** avait décliné au cours **des 50 dernières années** (Carlsen, 1992). Or, la probabilité d'avoir un enfant est divisé par deux en dessous de **20 millions de spermatozoïdes par millilitre**. Une **baisse continue** de cette concentration peut donc à terme, poser **des problèmes de reproduction pour l'espèce humaine**.

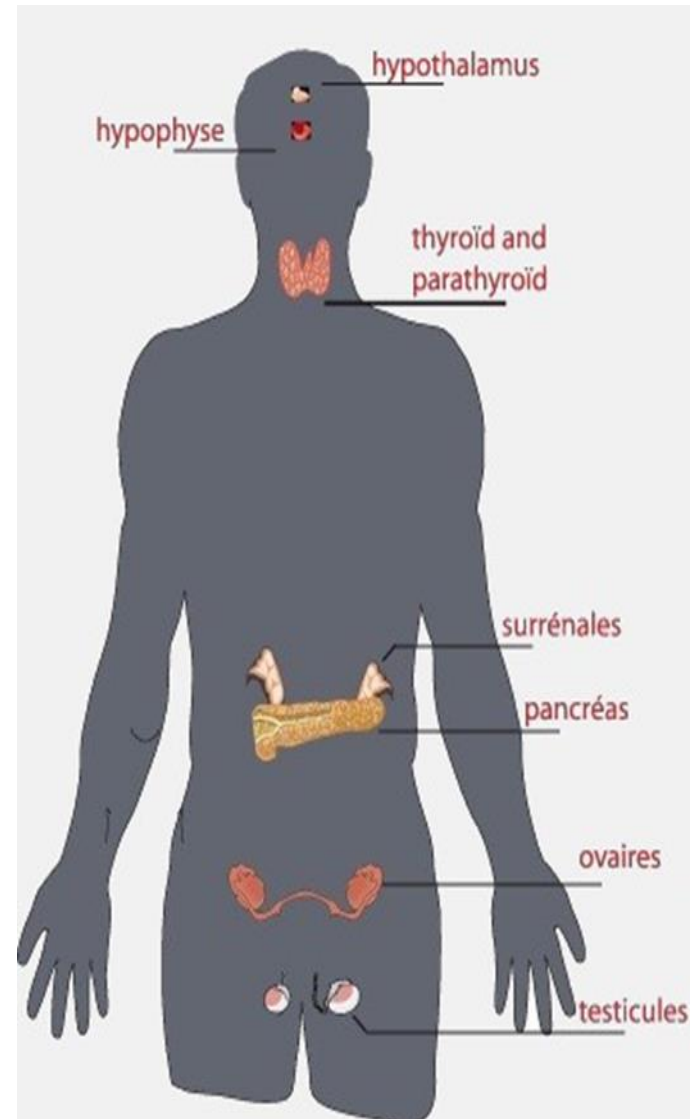
Le déclin de la concentration moyenne en spermatozoïdes du sperme humain depuis 1938



Les chercheurs danois auteurs de cette étude ont combiné les résultats de 61 études du monde entier qui montrent une baisse de concentration de 50% en 50 ans.

➤ Qu'est-ce qu'un perturbateur endocrinien ?

- Un perturbateur endocrinien est une substance provoquant des **effets néfastes** sur la **santé d'un organisme** ou sa **descendance**, en **agissant** sur le **système endocrinien** (OCDE, 1997).
- C'est donc une substance capable d'agir sur la **synthèse**, la **sécrétion**, le **transport**, la **liaison** ou l'**élimination** des hormones naturelles.
- Ces hormones interviennent dans la **reproduction**, la **croissance** et le **développement**, le **maintien de l'homéostasie** (maintien de l'environnement interne) et la **disponibilité énergétique**.

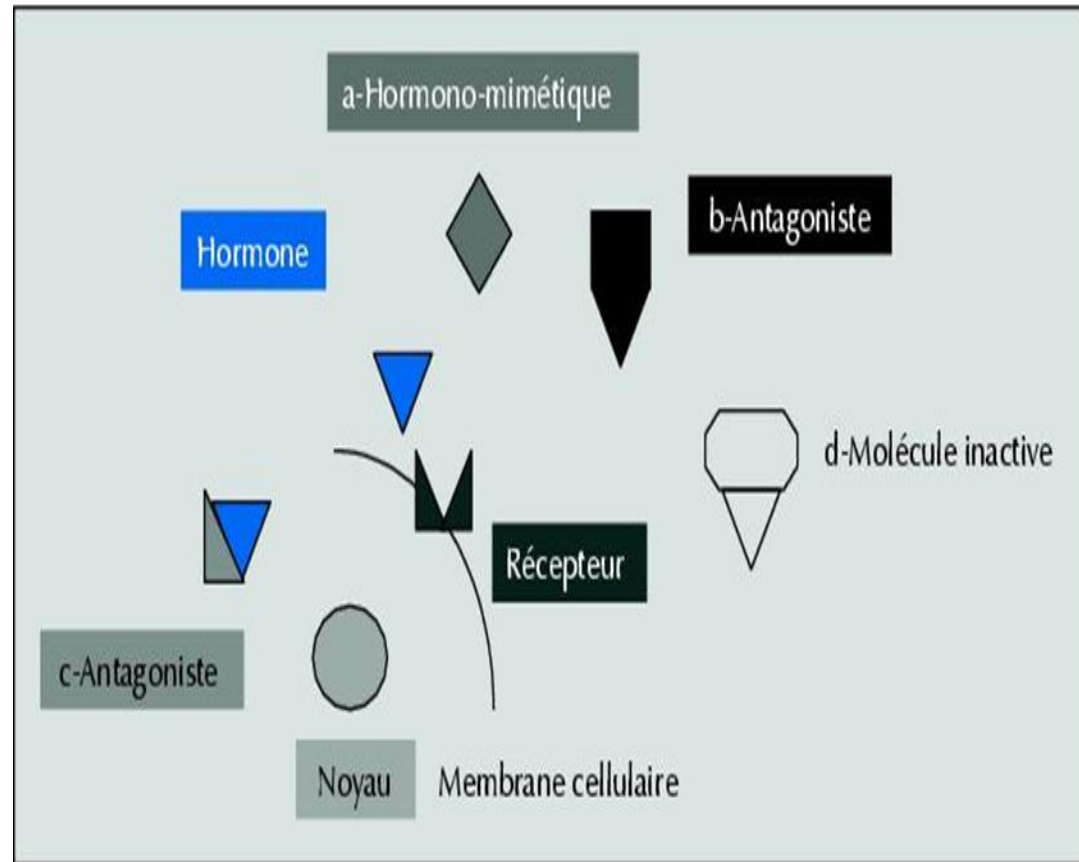


➤ Des composés de différentes natures

- **substances chimiques industrielles** : plastifiants tels que les phtalates, le bisphénol A etc.
- **produits phytosanitaires (pesticides)** : organochlorés.
- **hydrocarbures aromatiques** : Polychlorobiphényles (PCB).
- **médicaments** : anticancéreux comme le tamoxiphène, œstrogènes synthétiques (pilule contraceptive), etc.
- **substances naturelles** : phytoestrogènes

➤ Comment un perturbateur endocrinien agit-il ?

- **effet mimétique** : une fausse clé dans les « serrures biologiques » qui existent dans les organes et cellules,
- **effet de blocage** : en bloquant les récepteurs des cellules recevant les hormones (récepteurs des hormones) empêchant ainsi l'action des hormones
- **effet perturbant** : en agissant sur la synthèse, le transport, le métabolisme et l'excrétion des hormones modifiant ainsi les concentrations d'hormones naturelles.



Le perturbateur endocrinien

➤ Effets écologiques des perturbateurs endocriniens

- Un pesticide qui altère la reproduction de populations d'oiseaux



le DDT est en partie responsable du **déclin sévère** des **populations européennes** et **nord-américaines d'oiseaux** piscivores (mangeurs de poissons) et des oiseaux de proie, à cause d'un **amincissement de la coquille des œufs** (Hickey, 1968 ; Ratcliffe, 1970 ; Peakall, 1970).

- Le **TBT**: un composé qui masculinise des femelles escargots

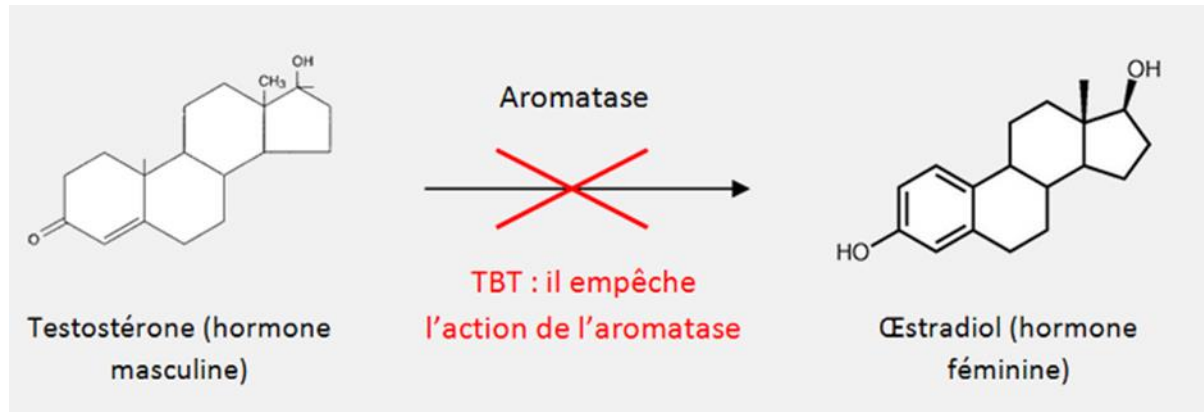
Le **Tributylétain** (TBT) est un produit essentiellement utilisé dans les peinture antisalissure destinée à empêcher la fixation des organismes aquatiques sur la coque des bateaux



ce produit a été accusé de "**masculiniser**" des femelles d'une espèce **d'escargot marin**: *Nucella lapillus* (Gibbs et Bryan, 1987 ; Bryan, 1988). et même de **l'extinction de populations** locales de cet escargot dans le **monde entier**

Deux explications ont été avancées par les scientifiques pour expliquer cette masculinisation des femelles:

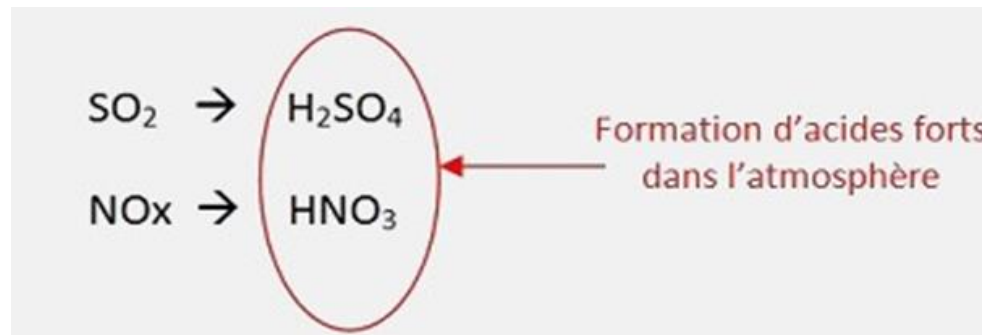
- **inhibition** de l'**aromatase** par le TBT



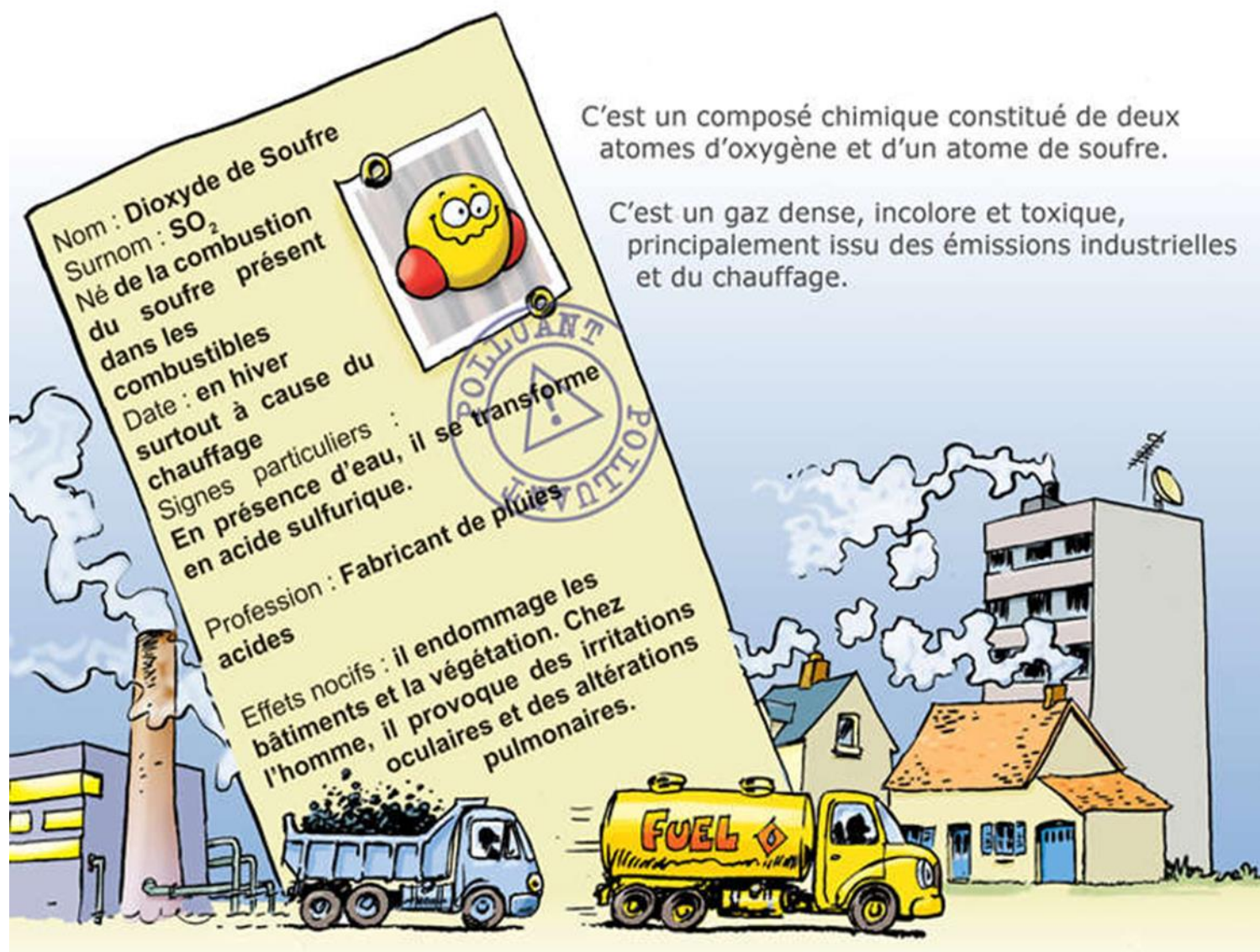
- l'**augmentation** de la libération de **PMF** (Penis Morphogenic Factor) : le PMF est un neuropeptide hormonal qui **induit la différenciation mâle** chez les mollusques. le **TBT augmenterait la libération de PMF**, induisant ainsi une **masculinisation des femelles escargots**.

e. Les pluies acides

Depuis la fin **du XIX^{ème}** siècle et la **révolution industrielle**, la consommation d'énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz) n'a cessé d'augmenter. Cette combustion **d'énergies fossiles** a pour conséquence des **émissions dans l'atmosphère** :



Ces composés sont ensuite **transportés** par les masses d'air. Une partie subit alors des **transformations chimiques** : des composés que l'on nomme « **acides forts** » sont formés.



Nom : **Dioxyde d'Azote**

Surnom : **NO₂**

Né de toute
combustion à haute
température

Lieu: cheminée
d'usines, pots
d'échappement de
voitures...

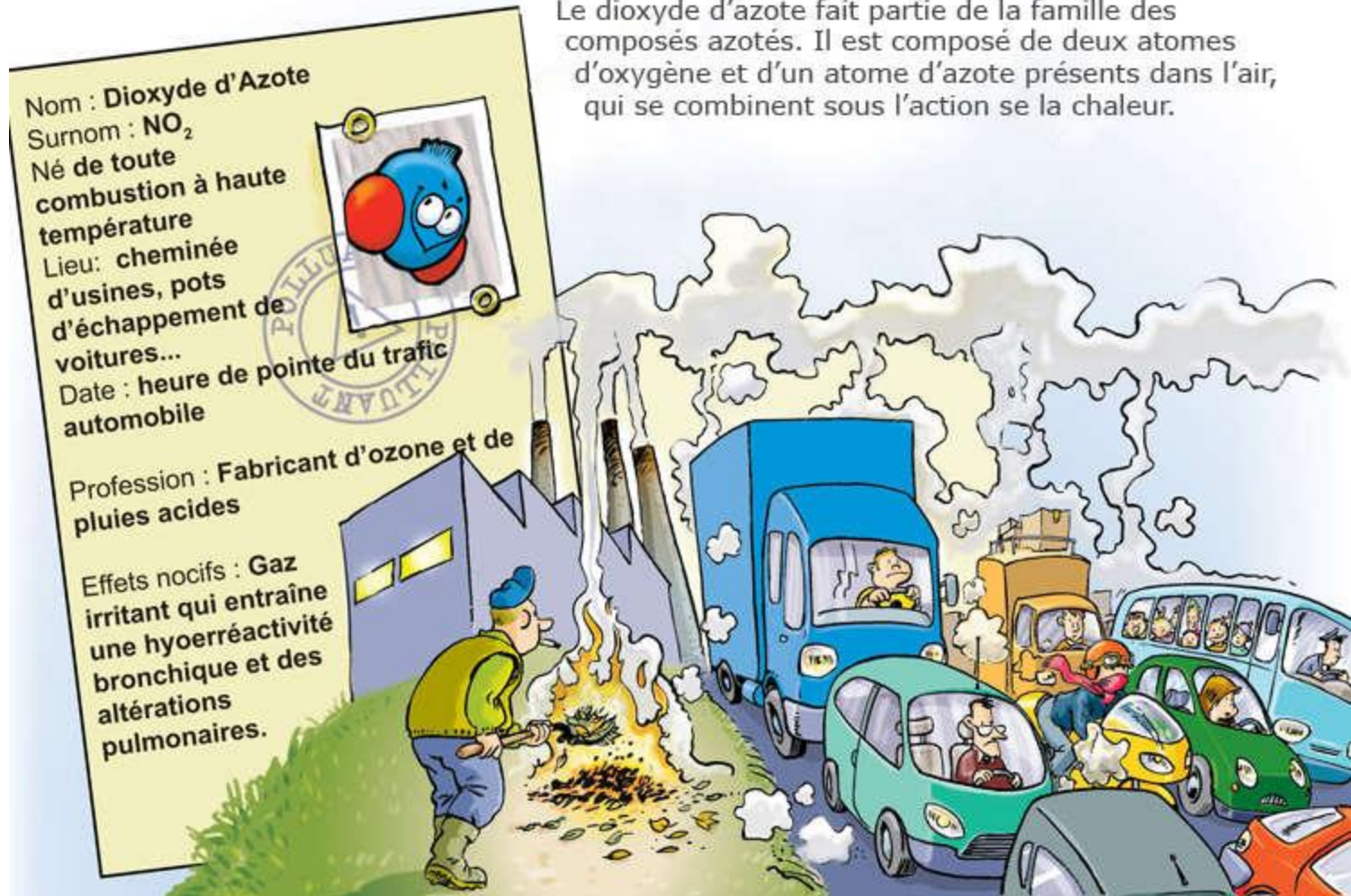
Date : heure de pointe du trafic
automobile

Profession : Fabricant d'ozone et de
pluies acides

Effets nocifs : Gaz
irritant qui entraîne
une hyperactivité
bronchique et des
altérations
pulmonaires.



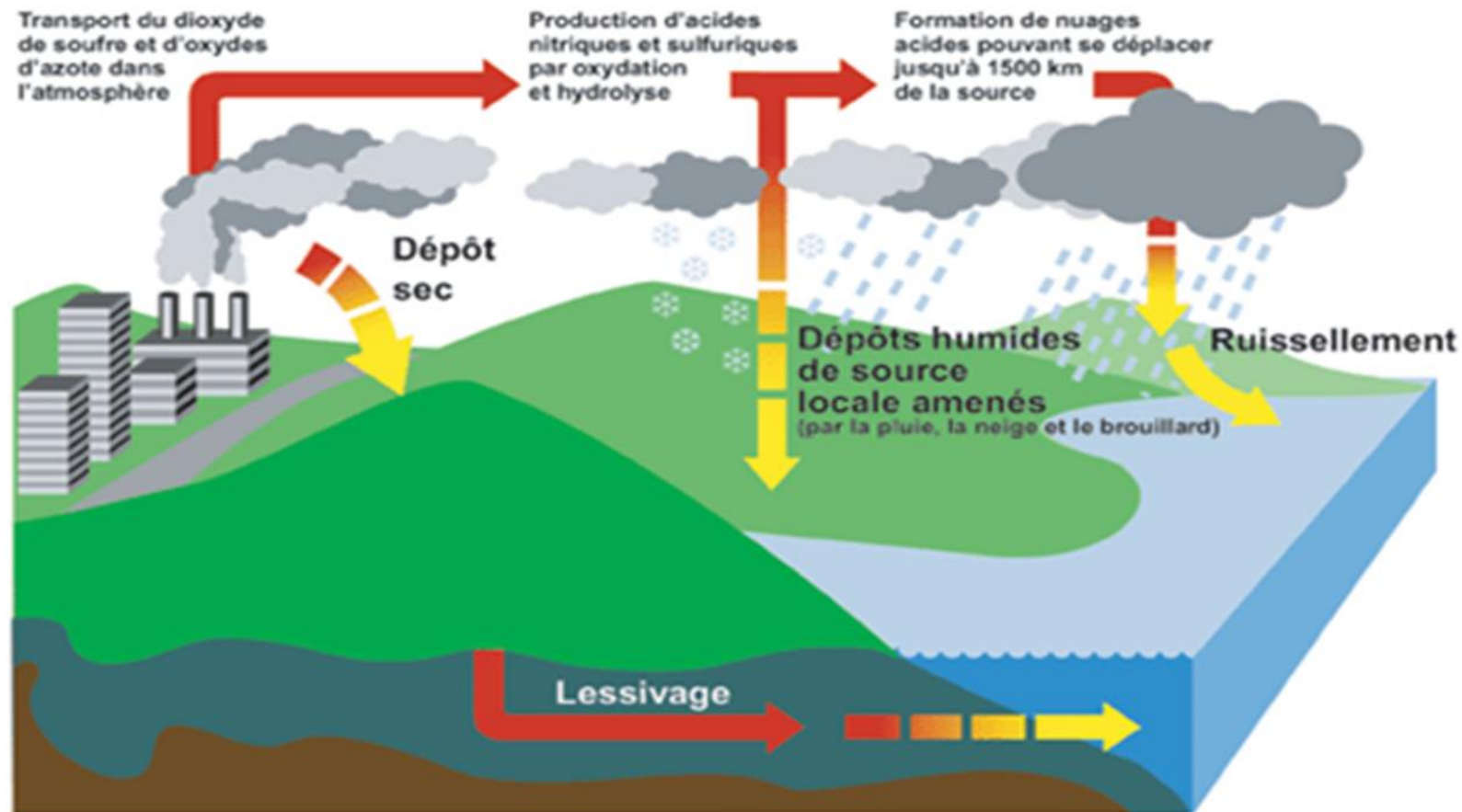
Le dioxyde d'azote fait partie de la famille des composés azotés. Il est composé de deux atomes d'oxygène et d'un atome d'azote présents dans l'air, qui se combinent sous l'action de la chaleur.



Deux types de dépôts sont observés :

- **les dépôts humides** : H_2SO_4 et HNO_3 (acides issus des transformations de l'atmosphère) sont déposés au sol par les précipitations (pluies, neiges, brouillard). On appelle plus communément ces dépôts, des pluies acides.
- **les dépôts secs** : SO_2 et NO_x sont déposés sous la forme de particules, sels ou gaz. Ils sont alors transformés en H_2SO_4 et HNO_3 au contact de l'humidité.

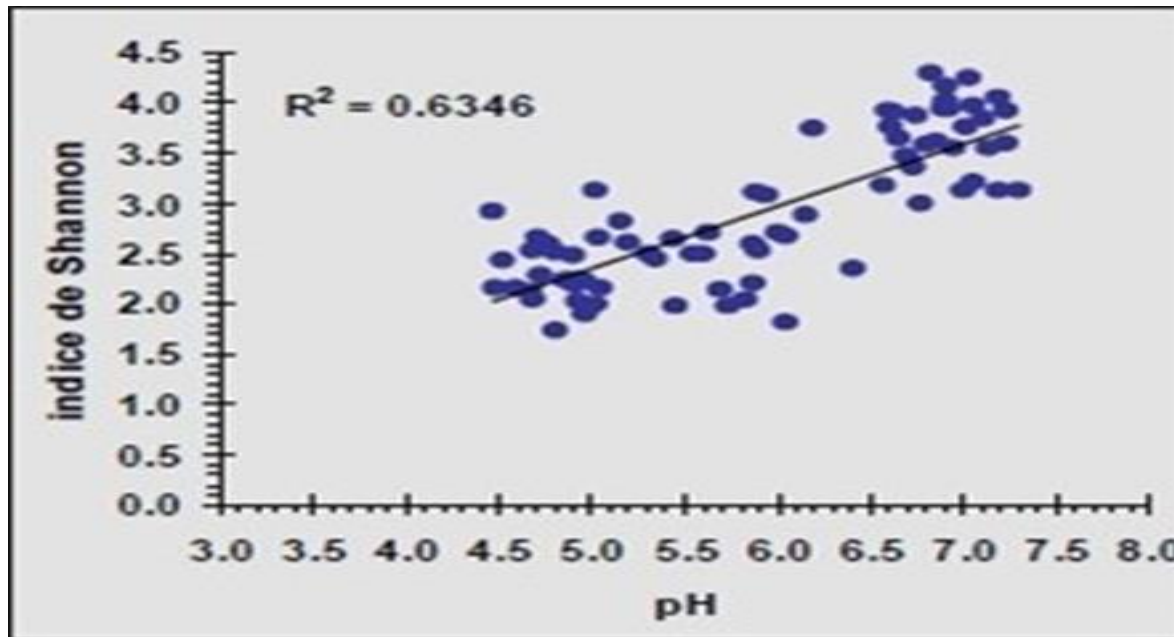
Les pluies acides et le milieu aquatique



➤ Les effets acidification des eaux de surfaces

- L'acidification des eaux provoque une érosion de la biodiversité

L'indice de Shannon (H') permet d'évaluer la **biodiversité** au sein d'un milieu. Plus la valeur de cet indice est **élevée** et plus la **biodiversité est importante**.



La biodiversité diminue lorsque le pH d'un cours d'eau diminue (Gerold, 2010)

L'**acidification** des cours d'eau a également un **effet** sur l'ensemble de la **chaîne alimentaire**. En effet, dans un cours d'eau acidifié, l'activité de certains **champignons microscopiques (hyphomycètes)** diminue.

ces champignons **dégradent les feuilles mortes** qui se déposent dans les cours d'eau. En cas d'**acidification**, cette fonction de **dégradation** des feuilles mortes n'est plus assurée.

