

Pollution de l'eau et des sols



Effets

Fiche détaillée

Niveau ★★☆

(A partir de la 2nd)

I. Les pluies acides

Le dépôt sec traduit l'absorption des polluants au niveau de la surface soit sur les sols où ils sont assimilés par le milieu et transformés par réactions chimiques ou bactériennes, soit au niveau des cuticules puis des tissus cellulaires des plantes ou ils peuvent, dans certain cas, causer des dommages directs (nécroses des feuilles) ou indirect (perte rendement des cultures). Les principaux polluants atmosphériques ont des affinités variables pour les différents milieux ou ils sont susceptibles de se déposer. Leur dépôt se quantifie à partir de la valeur de leur concentration près de la surface et d'une vitesse de dépôt calculée par des mesures spécifiques pour chaque type de surface.

Le dépôt humide fait référence aux processus naturels qui font que les hydrométéores (eau nuageuse ou de brouillard, gouttes de pluie, neige) permettent d'éliminer des composés en trace de l'atmosphère. Parmi ces processus, il y a principalement les précipitations avec la distinction faite entre le lessivage sous le nuage lors de la chute de la pluie et le lessivage dans le nuage. Il y a trois étapes préalables pour que ces processus soient observés. D'abord, il faut que l'espèce considérée (gaz ou particule) soit mise en contact avec de l'eau condensée au sein du nuage. Il faut ensuite que les hydrométéores éliminent cette espèce de l'atmosphère (dissolution), et qu'ensuite l'hydrométéore précipite pour éliminer définitivement l'espèce de l'atmosphère. Le composé peut subir des réactions chimiques au cours de chacune de ces trois étapes.

Une des manifestations les plus étudiées du dépôt humide est le dépôt de composés acides, c'est ce que l'on appelle les pluies acides. L'atmosphère est un puissant milieu oxydant; SO_2 et NO_x sont oxydés en sulfates et nitrates dans des processus à la fois en phase gazeuse et aqueuse. Des acides organiques peuvent aussi être produits dans les réactions d'oxydation d'hydrocarbures émis à la surface. En résultat de ces réactions, on trouve dans l'atmosphère des acides dans la phase gazeuse (sulfurique, nitrique, chlorhydrique, acides organiques), sous forme de particules (sulfates, nitrates, chlorures) et dans la phase aqueuse. Le dépôt acide pourra donc se faire à travers les processus de dépôt sec de vapeur de gaz et de particules acides, de brouillard et de pluies acides. C'est ce dernier terme qui est particulièrement intéressant dans l'étude du dépôt acide.

Une goutte de pluie a un pH "naturel" de 5.6 en raison de la dissolution du CO_2 en carbonates et bicarbonates dans l'eau. Cette acidité naturelle est renforcée par les acides nitrique, sulfurique et organiques dans les zones où les concentrations en SO_2 , NO_x et hydrocarbures sont au-dessus de leur concentration de "fond". L'acidification des précipitations peut conduire à des valeurs de pH inférieur à 4 (Figure 1) ; pour contrôler les effets des dépôts acides le concept de charge critique a été développé.

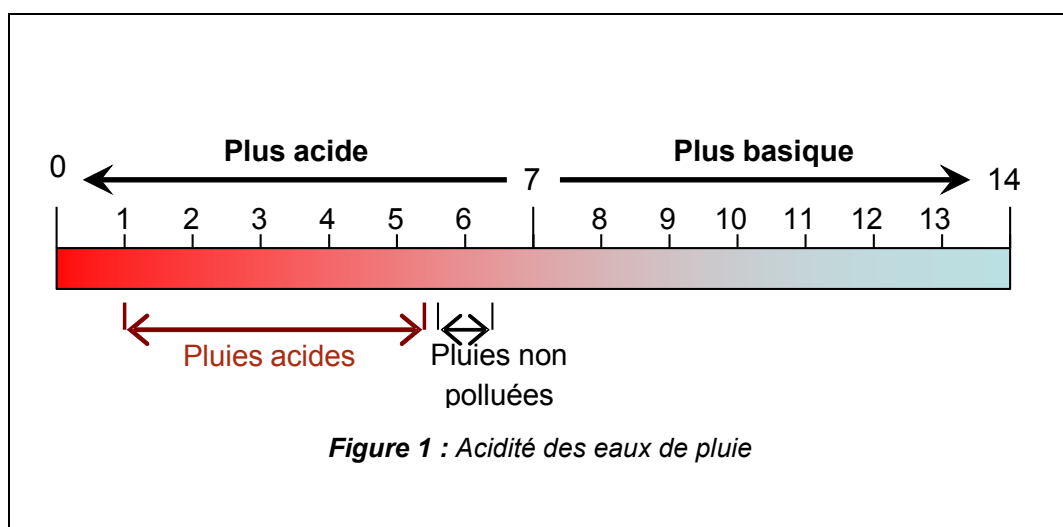


Figure 1 : Acidité des eaux de pluie

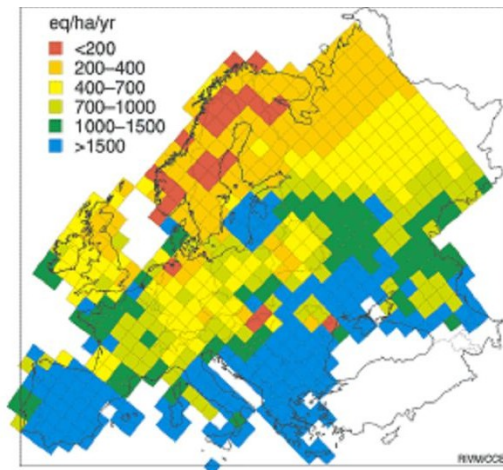


Figure 2: Les charges critiques en Europe pour les dépôts acides. Cette carte reflète la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques et forestiers vis-à-vis des dépôts acides sous forme de composés du soufre et de l'azote (exprimés en équivalents d'ion H^+ à ne pas dépasser par hectare et par an). Les zones les plus vulnérables sont situées en Europe du Nord pour des raisons liées notamment à la nature des sols (Source : CEE-ONU et RIVM)

Les charges et les niveaux critiques s'apparentent à des doses de polluants atmosphériques qui peuvent être tolérées sans dommages par divers éléments sensibles de l'environnement tels que la faune et la flore aquatique, les sols, les cultures, les écosystèmes forestiers. Pour les polluants dont les effets résultent de leurs dépôts et de perturbations des équilibres chimiques au sol ou dans les eaux de surface (cas des composés du soufre et de l'azote) on parle de « charges critiques » et celles-ci s'expriment en retombées massiques annuelles (en équivalent de soufre et d'azote, ou en équivalent de protons) à ne pas dépasser par unité de surface. Pour les polluants gazeux tels que l'ozone dont les effets résultent d'impacts directs sur la partie aérienne des végétaux, on parle de « niveaux critiques » et ceux-ci s'expriment en concentrations à ne pas dépasser sur une certaine durée (heure, saison, etc,...). Le calcul des charges critiques repose sur des méthodes plus ou moins complexes. Ces méthodes permettent d'évaluer les dépôts atmosphériques tolérables pour satisfaire le respect de paramètres jugés sensibles pour les écosystèmes (pH des eaux de surfaces, niveaux tolérables d'aluminium en solution, etc...). Les niveaux critiques d'ozone découlent pour leur part généralement d'évaluations expérimentales sur les végétaux concernés.



Photo 1 : Forêt de conifères victime de la pollution acide

II. Les effets du dépôt acide

Les effets du dépôt acide sont:

- Les dommages aux forêts et à la végétation
- L'acidification des eaux de surface (lacs, rivières...) et dommages aux écosystèmes aquatiques
- les dommages aux matériaux (corrosion) et aux bâtiments

II.I. Les dommages à la végétation

Les dépôts acides ont des effets directs ou indirects sur la végétation :

- Effets directs : les polluants agissent sur l'un des constituants des écosystèmes.
- Effets indirects: l'action des polluants sur l'un des constituants d'un écosystème entraîne des altérations des autres constituants et perturbe le fonctionnement.

L'impact des polluants sur végétaux est divisé selon la gravité de leurs effets:

- Classe I: faible charge en polluant
- Classe II: concentration intermédiaire en polluants. Les effets sur les plantes sont l'altération de la croissance, l'altération de la reproduction, la mortalité des populations sensibles, la réduction de la biomasse
- Classe III: mortalité élevée dans les populations végétales due à des intoxications aiguës

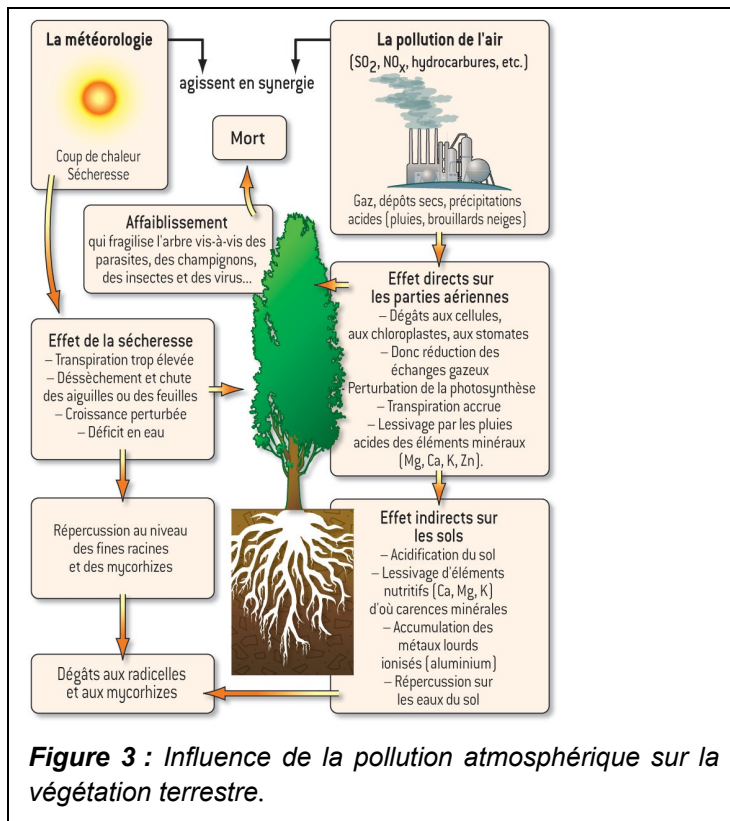


Figure 3 : Influence de la pollution atmosphérique sur la végétation terrestre.

En fait la pollution de l'air agit en synergie avec d'autres facteurs comme les stress hydriques pour fragiliser la plante qui devient plus sensible aux parasites et autres virus qui peuvent causer sa mort. Les arbres qui grandissent dans les sols acidifiés sont plus sensibles aux virus, aux champignons et aux insectes nuisibles

Les pluies acides sont à l'origine de la libération de substances toxiques telle que l'aluminium et de la dissolution des éléments nutritifs qui entraîne l'affaiblissement ou la mort des arbres par manque d'éléments minéraux (calcium ou le magnésium).

Les brouillards acides occasionnent la perte de l'enduit cireux des feuilles et créent des taches brunes qui perturbent et limitent la photosynthèse et diminuent la production de nourriture et d'énergie qui affaiblissent à leur tour les défenses contre les agressions extérieures (maladies, insectes...)

Le tableau ci-dessous représente les effets visibles sur les conifères et les feuillus liés à la pollution atmosphérique par le SO₂ et les NO_x.

Principaux effluents	Symptômes visibles sur les conifères (sapin, pin, épicéa)	Symptômes visibles sur les feuillus (hêtre, chêne)
SO ₂ gaz naturel et pétrole	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Jaunissement des vieilles aiguilles et brunissement ◆ Mort des tissus → La décoloration commence à l'extrémité des aiguilles et s'étend vers la base. Les zones décolorées et vertes sont nettement délimitées. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Aspect mouillé de la face inférieure des feuilles ◆ Décoloration internervaire et marginale ◆ Dessiccation rapide des feuilles entraînant leur enroulement et leur flétrissement
SO ₂ métaux lourds et particules	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Chlorose et nécrose des vieilles aiguilles progressant de l'extrémité vers la base. ◆ Les métaux lourds dans les effluents des fonderies provoquent souvent l'apparition de bandes irrégulières de décoloration à la surface des aiguilles. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Aspect humide des feuilles entre les nervures et aux marges ◆ Chlorose, nécrose et défoliation prématurée ◆ La morphologie des lésions est souvent irrégulière, surtout à proximité de la source d'émission.
Oxydes d'azote NO _x	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Lésions à la surface des aiguilles ◆ Brûlures fréquentes à la pointe. → Les vieilles aiguilles sont les premières à être atteintes. 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Intensification de la couleur verte. Aspect trempé. ◆ Formation de taches blanches, jaunes ou vertes de forme irrégulière sur les feuilles. Les feuilles matures sont plus sensibles que les plus jeunes.

Tableau 1: Symptômes visibles sur la végétation forestière

II.II. Effet sur les sols

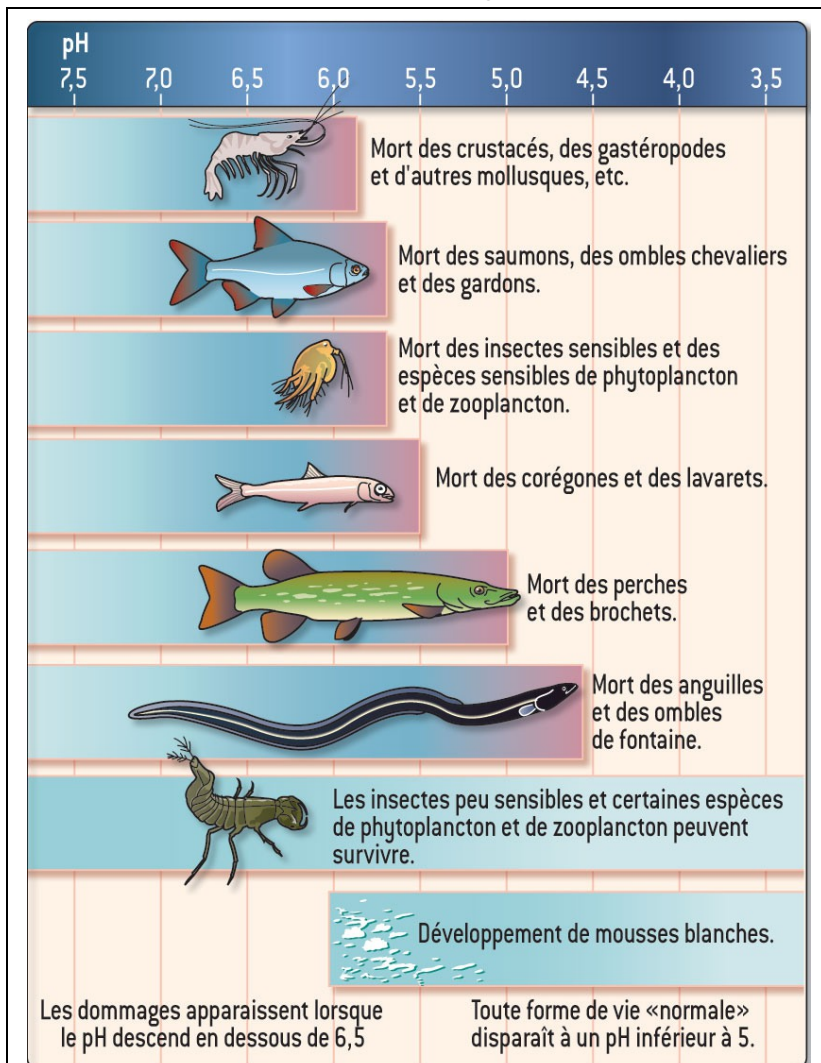
Sur les sols les pluies acides ont une série de conséquences :

- lessivage des éléments nutritifs des sols, l'aluminium qui est normalement lié dans le sol est entraîné dans les nappes phréatiques;
- élimination des éléments nutritifs essentiels aux plantes tels que le calcium, le potassium et le magnésium par des réactions chimiques;
- diminution des micro-organismes or les micro-organismes permettent la libération d'éléments nutritifs provenant de la décomposition des matières organiques; ceci entraîne un appauvrissement des sols ;
- sortie du sol de métaux toxiques (aluminium, cadmium et mercure) à cause de leurs réactions avec les acides.

II.III. Dommages aux écosystèmes aquatiques

Les pluies acides provoquent l'augmentation de l'acidité des rivières et des lacs où elles se concentrent. On observe alors les modifications suivantes:

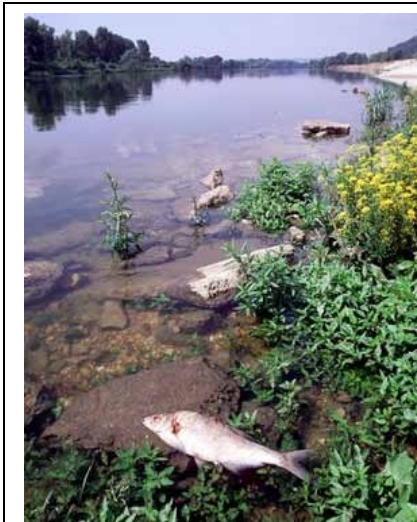
- développement des algues filamenteuses et régression des plantes supérieures ;
- régression du plancton ;
- régression, puis disparition des écrevisses et mollusques.
- mortalité et baisse de la reproduction des poissons car l'acidification diminue la capacité des poissons à capter l'oxygène et les minéraux.



De plus les pluies acides transportent les métaux toxiques des sols dans les lacs (aluminium et métaux lourds) ; 90% de l'eau entrant dans les cours d'eau est passée à travers la terre. Seulement 10% de l'eau dans les lacs et les ruisseaux vient directement des précipitations. Les métaux toxiques transportés vers les lacs peuvent entraîner une augmentation de la mortalité de la faune aquatique, une diminution de la croissance des poissons, de la production d'œufs et de la survie des embryons, un affaiblissement physiologique des poissons adultes.

Figure 4 : Influence de la pollution atmosphérique sur les écosystèmes aquatiques. L'acidification des eaux conduit à la disparition progressive des différentes formes de vie aquatique. A des pH inférieurs à 3,5 aucune vie aquatique ne peut subsister

II.IV. Les dommages aux matériaux (corrosion) et aux bâtiments



hoto 2 : effet de l'acidification sur un cours d'eau

L'accélération de la vitesse de dégradation de nombreux monuments au cours des dernières décennies a mis en évidence l'impact de la pollution atmosphérique sur les matériaux. Les polluants primaires (dioxyde de soufre), ou les polluants secondaires (ozone, dérivés acides) peuvent agir sur un grand nombre de matériaux (métaux, pierre, peintures, tissus, cuir, plastiques, caoutchouc, papier..). A côté de la corrosion des matériaux, une autre forme d'impact de la pollution atmosphérique sur le bâti est constituée par le phénomène de salissure de la surface des matériaux du fait des dépôts de particules. Les particules fines, et notamment les particules émises par les moteurs diesel, paraissent particulièrement efficaces de ce point de vue.

- Le calcaire et le marbre sont particulièrement sensibles aux pluies acides et se transforment peu à peu en gypse.
- Les structures métalliques sont affectées par la corrosion.
- Les matériaux les plus corrodables sont ceux qui

forment à leur surface des dépôts protecteurs dissous par une précipitation acide (exemple: le Cu et le Zn).

La dégradation d'un matériau de type carbonaté se résume en trois phases:

- Etape 1: Formation d'un sulfite: la déshydratation des solutions acides et des sels hydratés entraînent la formation d'une croûte.
- Etape 2: Phase de desquamation: elle consiste en un décollement de la croûte sur une épaisseur variant de quelques 1/10ème à 10 mm.
- Etape 3: alvéolisation: la pierre est dégradée en profondeur par formation de cavités (alvéoles).



Photo 3 : Le Taj Mahal à Agra (Rajasthan, Inde), monument de marbre subit fortement les effets de la pollution acide © Robert Delmas