

# CHAPITRE II/ DEPOLLUTION

[www.facebook.com/DomaineSNV](http://www.facebook.com/DomaineSNV)

## 1/ DEFINITION

Domaine SNV : Biologie, Agronomie, Science Alimentaire, Ecologie

La dépollution désigne la diminution ou l'élimination des pollutions et des contaminations des milieux ambiants tels les sols, l'air, les eaux de surfaces, les nappes phréatiques ...

## 2/ LA DEPOLLUTION DES SOLS

### 2.1 Définition :

La **dépollution des sols** consiste principalement à rendre le sol et le sous-sol d'une zone apte à un nouvel usage industriel ou un usage résidentiel, voire dans les cas extrêmes apte à un retour à la nature ou à un usage agricole, après qu'il eut été pollué par une activité ou un accident industriel.

En effet, la présence de polluants dans le sol pose des problèmes de toxicité dès lors que ces polluants migrent (sous l'effet de l'écoulement des eaux, de la manipulation de la terre, de plantations) et se retrouvent dans la chaîne alimentaire ou entrent en contact avec l'homme via son alimentation. Par ailleurs, même si le danger pour l'environnement lié à la pollution d'un site n'apparaît pas comme immédiat, on peut vouloir le dépolluer pour le valoriser (en zone constructible par exemple) en réduisant le risque qu'il fait courir aux futurs utilisateurs.

## 2.2 Méthodes de dépollution

Il existe différentes méthodes permettant d'extraire les polluants présents dans le sol et parfois de les y détruire (quand il s'agit de polluants dégradables). Elles dépendent du type de polluant ([hydrocarbures](#), [métaux lourds](#), [produits chimiques](#) divers, etc.) et de la nature du terrain (perméable ou non, granuleux, présence d'eau, pH, etc.).

Elles peuvent se classer en trois catégories : **hors-site**, **sur-site** et **in-situ**. Les deux premières nécessitent en général l'excavation de la terre à traiter, la dernière se fait sur place en installant sur le site le procédé de dépollution.

Un dernier type d'action existe : le confinement, mais ne constitue pas à proprement parler une action de dépollution. On se contente d'empêcher les polluants de migrer en interposant des barrières étanches ([géomembranes](#), murs de [béton](#), couche d'[argile](#), etc.) entre le milieu pollué et le milieu sain. Cette méthode est utilisée lorsque les autres sont inopérantes, et dans l'attente de trouver une technologie adaptée pour mener à bien un véritable traitement du site.

### 2.2.1 Dépollution par remplacement

il s'agit de la première méthode employée : on décape le sol contaminé sur toute l'épaisseur polluée. On remplace la terre enlevée par de la terre saine prélevée ailleurs.

## **2.2.2 Dépollution par injection**

L'injection dans le terrain d'un liquide ou d'un gaz sous pression susceptible de dissoudre le ou les polluants peut être utilisée lorsque ces derniers sont connus. On peut alors retraiter sur place, de manière progressive, les terres souillées.

- Extraction par aspiration
- Traitement par flottation
- Extraction électrique
- Extraction par chauffage
- Lavage du sol

## **2.2.3 Dépollution biologique**

Ces modes de dépollution sont basés sur la capacité de certains êtres vivants à filtrer et accumuler les éléments toxiques dans leur organisme ou à s'en servir comme aliment. Cependant, d'autres problèmes se posent, notamment en ce qui concerne le risque de prolifération des organismes utilisés. Une autre limite est la profondeur que ces organismes peuvent atteindre, que ce soit par leur croissance naturelle, ou par la manière dont ils sont mis en œuvre par l'homme sur le site à traiter. Leur relative lenteur d'action (de quelques mois à quelques années) constitue également une contrainte, souvent peu compatible avec les enjeux économiques de la revalorisation du site.

En pratique, ces techniques ne sont donc souvent mises en œuvre qu'en complément des précédentes.

- **Utilisation de bactéries** : Certaines [bactéries](#) ont le pouvoir de dégrader des molécules complexes et d'en tirer ainsi l'énergie dont elles ont besoin pour vivre. On les a utilisé pendant des années pour traiter des sols pollués par des solvants [chlorés](#). Mais on s'est aperçu que cette technique de traitement micro-biologique par dégradation biologique de certains polluants in-situ peut générer des produits de dégradation ([métabolites](#)) plus toxiques et/ou plus mobiles que les produits initiaux.

**Exples de bactéries** : [Phosphates](#) : [Acinetobacter](#), [Moraxella](#)  
[Pesticides](#) : [Enterobacter](#)

-**Utilisation des plantes** : De nombreuses plantes sont capables de fixer dans leurs cellules les métaux lourds, radionucléides, composés organiques polluants et autres produits indésirables; certaines plantes produisent des [enzymes](#) qui dégradent ces polluants en des produits moins toxiques ou non-toxiques.

### 2.3 Résultats de la dépollution

Aucune des méthodes présentées ci-dessus ne permet de dépolluer complètement les sols contaminés par des années de rejets industriels non maîtrisés. En pratique, et pour obtenir de meilleurs résultats, on combine généralement plusieurs méthodes de façon à optimiser l'élimination des polluants. Les résultats atteignent ainsi un niveau acceptable au vu des [normes](#) de concentration maximale admises pour les polluants les plus toxiques et en fonction du nouvel usage envisagé pour le site.

### 3/ DEPOLLUTION OU TRAITEMENT DE L'AIR

La dépollution ou **traitement de l'air** qu'on appelle aussi purification de l'air regroupe l'ensemble des procédés et technologies permettant d'obtenir de l'air purifié et assaini des émanations chimiques toxiques de l'air, de la pollution atmosphérique, des particules volatiles intérieures nocives et des odeurs. Le traitement de l'air concerne aussi bien la pollution atmosphérique que la pollution domestique. Il requiert des mesures de réduction des émanations au niveau communautaire (national ou international) ou l'utilisation d'un ensemble de technologies visant à supprimer la pollution des espaces clos désignée sous le nom de pollution domestique.

#### 3.1 Procédés de traitement de l'air

Pour les traitements de la pollution domestique et industrielle de l'air, on distingue généralement trois moyens de traiter et d'assainir l'air: les purificateurs d'air par filtration, par combustion et par photocatalyse. Les purificateurs d'air par photocatalyse combinent la destruction et la filtration des particules nocives virus et bactéries.

### 3.1.1 Par filtration :

#### ➤ **Filtre HEPA**

Le filtre HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) sert à filtrer les allergènes, pollens, bactéries et virus mais ne sert pas pour les pollutions chimiques. Il s'agit d'un filtre de Haute Capacité, 100 fois plus fin que les filtres ordinaires, avec un taux d'efficacité de 99,97% pour les particules d'un diamètre de 0.3 micron ou plus.

#### ➤ **Ionisation**

La purification d'air par ioniseur génère des ions négatifs (neutrons) qui amalgament les particules en suspension. En les chargeant positivement, la poussière, les pollens, les poils d'animaux et tout autres composés organiques volatils (COV) nocifs tombent au sol ou se fixent au mobilier. L'ioniseur capture mais ne détruit pas les particules, les COV doivent alors être aspirés par un autre moyen.

Les ionisateurs ne traitent pas les pollutions chimiques de type industriel et ménager, les bactéries et virus dans l'air. Ils sont complétés par d'autres types de purificateurs, en général, les filtres HEPA.

### 3.1.2 Par combustion :

#### ➤ Plasma

La purification d'air par plasma, est une technologie qui propulse à l'extérieur de l'appareil un oxydant. Il détruit les particules nocives dans l'air mais cette réaction chimique produit une mauvaise odeur et charge fortement l'air en ozone (O<sub>3</sub>) produisant un autre type de pollution: la pollution à l'ozone, particulièrement nocives pour les personnes âgées, les femmes enceintes et les enfants.

Cette purification est utile pour la destruction des bactéries et des virus mais, elle est généralement plus adaptée aux usages industriels qu'à la purification d'air domestique.

Cette technique est généralement utilisée pour diminuer les émissions de gaz des pots d'échappement, notamment celles des voitures diesel.

#### ➤ Combustion simple

La purification de l'air par combustion fonctionne à l'aide d'un appareil qui chauffe l'air à plus de 200°C qui brûle ainsi les polluants biologiques (micro-organismes, moisissures, etc...) L'air aspiré par l'appareil passe ensuite dans une chambre de refroidissement avant d'être libéré de nouveau.

Le processus est long et n'est efficace que dans des espaces assez réduits. Il n'a qu'une faible action sur les [pollutions chimiques domestiques](#) ([solvants](#), [détergents](#), [oxyde d'azote](#), etc...) qui nécessitent, pour disparition complète une combustion à une plus haute température.

### **3.1.3 Par photocatalyse :**

La [photocatalyse](#) est un phénomène naturel. Grâce à l'action de la [lumière](#) (naturelle ou artificielle) et d'un [catalyseur](#), une réaction chimique se produit. Ce phénomène a trouvé de nombreuses applications notamment dans le traitement de l'air.

Le purificateur d'air par photocatalyse combine la filtration et la destruction des particules nocives dans l'air, des virus et des bactéries, il est à ce jour la solution la plus complète pour l'assainissement de l'air. A l'aide d'un ventilateur, les particules sont capturées puis éliminées à l'aide d'une lampe [ultra-violet](#)

Au contact des [ultraviolets](#), le [catalyseur](#) (du dioxyde de Titane) devient un [oxydant](#) puissant qui détruit les [odeurs](#), les [composés organiques volatiles](#), [allergènes](#) et [pollens](#), les [pollutions chimiques](#) type [Nox](#), les [virus](#) et les [bactéries](#).

## COMPARATIF DES MODES DE TRAITEMENT DE L'AIR

|                           | <u>Photocatalyse</u> | <u>Combustion simple</u> | <u>Plasma</u> | <u>HEPA</u> | <u>Charbon actif</u> | <u>Ionisation</u> |
|---------------------------|----------------------|--------------------------|---------------|-------------|----------------------|-------------------|
| <u>COV</u>                | ****                 |                          | *             |             | ***                  |                   |
| <u>NOx</u>                | ****                 |                          |               |             |                      |                   |
| <u>Virus et Bactéries</u> | ****                 | ***                      |               |             |                      |                   |
| <u>Allergènes</u>         | ****                 | **                       |               | ***         | **                   | ***               |
| <u>Odeurs</u>             | ****                 | *                        |               |             | ****                 | *                 |

## 4/ LA DEPOLLUTION DES EAUX

Selon son origine, la pollution des eaux superficielles et souterraines peut être réduite de façon préventive ou curative et selon des procédés divers schématisés comme suit :

### *4.1 L'épuration biologique, les principaux procédés*

C'est le procédé le plus utilisé pour restaurer la qualité de l'eau en la débarrassant de ses principales impuretés, pourvu qu'elles soient biodégradables et ne contiennent pas de toxiques. L'épuration biologique consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne active en présence d'oxygène. Composée essentiellement de bactéries et de protozoaires, celle-ci va se nourrir de la matière organique et la dégrader. A l'issue de ce processus, les bactéries constituent les "boues" qui devront être séparées de l'eau épurée.

Suivant la technologie utilisée, on distinguera :

- **Le lit bactérien**

Utilisé pour les eaux très chargées (agro-alimentaire, apports viticoles...), il est constitué d'un bassin rempli de pouzzolane, roche poreuse d'origine volcanique sur laquelle les micro-organismes forment une pellicule appelée zoogluée.

- **Les boues activées**

A raison de plusieurs grammes par litre, les micro-organismes évoluent dans une solution maintenue en agitation et alimentée en oxygène par brassage ou insufflation. L'eau usée est amenée en continu et le temps de séjour dans la solution biologique varie de quelques heures à quelques jours.

- **La biofiltration**

Cette technique est surtout utilisée pour le traitement des eaux urbaines lorsque se pose un problème d'encombrement. Elle utilise comme support un matériau granulaire qui assure d'une part, la rétention des matières en suspension par filtration et d'autre part, la fixation d'une biomasse épuratoire. Les micro-organismes adhèrent à chaque grain sous la forme d'un film biologique épurateur.

- **Les techniques membranaires (ou microfiltration)**

Elles ne sont actuellement utilisées que pour l'épuration des eaux industrielles (papeterie, mécanique, agro-alimentaire). Les membranes permettent de retenir des éléments de très faible taille. Ces techniques présentent deux avantages : compacité et production moindre de boues.

- **La méthanisation**

C'est un processus biologique anaérobie (sans air) conduisant à la production de gaz carbonique et de méthane (combustible). Il est utilisé essentiellement dans l'industrie agro-alimentaire. L'eau à traiter traverse un réacteur fermé relié à un stockage de gaz.

- **Le lagunage**

Le lagunage naturel est un procédé d'épuration extensif, consistant à faire séjourner les eaux usées dans plusieurs bassins successifs, de grande taille, peu profonds (moins de 1,50 m) et étanches (trois en général, dont le dernier est planté de végétaux).

L'élimination de la pollution organique et, pour partie, des germes infectieux est obtenue par des organismes vivants ; l'oxygénation provient directement des échanges d'air et de la photosynthèse (l'énergie étant fournie par le rayonnement solaire).

## ***4.2 L'épuration physico-chimique***

La plupart des effluents rejetés par l'industrie chimique et l'industrie des métaux contiennent des toxiques et font l'objet d'un traitement particulier. Les réactifs utilisés sont adaptés à la nature de chaque substance toxique à neutraliser.

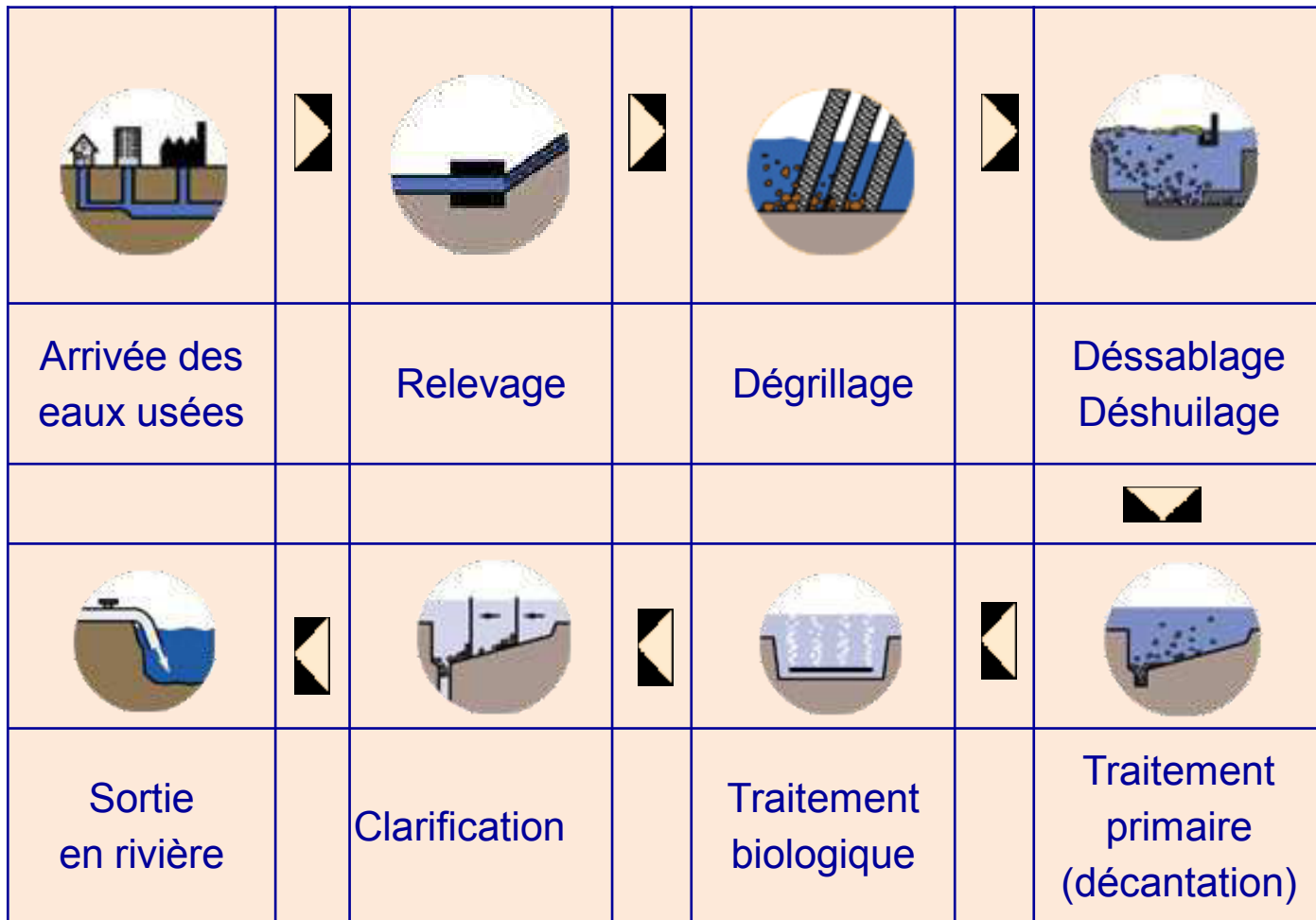
Par l'ajout de réactifs coagulants et de polyélectrolytes, on provoque une action ionique qui favorise la floculation. Les précipités sont recueillis par décantation sous forme de boues. Cette technologie est utilisée pour l'élimination du phosphore (combinée éventuellement avec l'épuration biologique).

## ***4.3 Description d'une station d'épuration urbaine : les étapes***

Un relevage est généralement effectué. Il est constitué d'une pompe: il remonte les eaux usées de plusieurs mètres pour permettre un écoulement gravitaire d'un bout à l'autre du traitement.

Les étapes de l'épuration sont les suivantes :

- le prétraitement,
- le traitement primaire éventuel,
- le traitement biologique secondaire,
- exceptionnellement un traitement tertiaire (traitement du phosphore),
- le traitement des boues.



**Schéma des étapes de traitement des eaux usées**

## ❖ **Les prétraitements et le traitement primaire**

Le dégrillage retient, par des grilles placées en travers du canal d'amenée, les déchets de bois, papiers, plastique, chiffon... afin de protéger les matériels de la station contre les obstructions. Le dessablage sépare la terre et le sable susceptibles d'endommager les pompes. Le déshuilage (généralement combiné avec le dessablage) favorise, par injection de fines bulles d'air, la flottation des huiles et des graisses qui sont séparées par raclage de surface.

### ❖ **La décantation primaire (éventuelle)**

La décantation primaire recueille, par pompage de fond, les matières qui se sont déposées par simple décantation sous forme de boues dites "boues primaires".

### ❖ **Le traitement biologique secondaire**

Il comprend un bassin à boues activées (dans lequel se développent des bactéries constituant les "boues") et un clarificateur servant à séparer les boues de l'eau épurée. Le bassin à boues activées comprend plusieurs zones :

-une zone aérée dans laquelle croissent des bactéries aérobies assimilant la pollution organique carbonée ; les composés azotés y sont transformés en nitrates (c'est la nitrification),

- une zone non aérée (ou anoxique) dans laquelle les bactéries transforment les nitrates en azote gazeux (c'est la dénitrification).

## ❖ **Le traitement du phosphore**

La plupart des stations éliminent en même temps le phosphore des eaux usées ; cette élimination se fait soit par traitement “physico-chimique soit en combinaison avec une élimination biologique. Ce traitement conduit à une production de boues supplémentaire. Le clarificateur est un bassin dans lequel se fait la séparation des boues qui se déposent au fond, tandis que l'eau épurée s'écoule en surface par débordement. Une partie des boues est recyclée vers le bassin à boues activées (c'est la “recirculation”) alors que l'autre est évacuée pour un traitement spécifique.

## ❖ **Le traitement des boues et leur devenir**

Les boues extraites des décanteurs ont une teneur en eau voisine de 99%. En fonction de leur destination, elles font l'objet d'un traitement ayant comme objectif de réduire leur volume (en éliminant l'eau). Le traitement retenu dépend de la nature des boues et surtout de leur destination finale, qui peut être :

- l'épandage agricole sous forme liquide, pâteuse, ou à l'état de compost,
- la mise en décharge (cette solution est progressivement abandonnée),
- l'incinération dans un four spécifique ou avec les ordures ménagères (appelée co-incinération).

Le traitement comprend une ou plusieurs étapes :

- ✓ l'épaississement ; il est obtenu soit dans un silo (appelé épaisseur) soit par passage sur une grille d'égouttage.
- ✓ la stabilisation, nécessaire surtout pour les boues issues d'une décantation primaire. Elle est obtenue soit par une fermentation produisant du méthane (appelée digestion anaérobie), soit par mélange avec des matières carbonées (sciure, écorces, paille), c'est le compostage.
- ✓ la déshydratation, on a recourt à un procédé mécanique généralement combiné à l'injection de réactif (chaux lorsque les boues sont destinées à l'agriculture). Les procédés mécaniques habituels sont la centrifugation (provoquant un essorage) et le passage dans un filtre à bande ou un filtre-presse.
- ✓ le séchage nécessitant un apport énergétique onéreux.

### ❖ **Traitements tertiaires**

Lorsque le lieu de rejet est "fragile" (infiltration rapide dans le sous-sol) des traitements complémentaires peuvent être nécessaires. Il s'agira notamment :

- de traitement physico-chimique permettant une réduction des matières en suspension,

- d'épandage souterrain (en aval de lagunes par exemple),
- de désinfection par ultra-violets (ce qui suppose une bonne transparence de l'eau traitée). Ces deux dernières techniques permettent un abattement notable des germes infectieux (réduction d'un facteur 100 à 1000).

#### **4.4 Les nuisances liées aux stations d'épuration : le traitement des odeurs**

La dépollution des eaux usées produit des odeurs, qui sont parfois perçues comme une gêne par les riverains des stations d'épuration. Les principales sources de mauvaises odeurs sont les boues et leur traitement, ainsi que les installations de relevage et de prétraitement.

Des installations de désodorisation chimique ou biologique sont également mises en place au sein des stations d'épuration. La désodorisation chimique est la technique la plus utilisée. Les gaz malodorants sont captés puis envoyés dans des tours de lavage où un liquide désodorisant est pulvérisé. Ces lavages peuvent comporter de la soude, de l'acide et / ou de l'eau de javel, réactifs qui captent ou neutralisent les mauvaises odeurs.

La désodorisation biologique consiste à faire passer l'air au travers d'un matériau poreux sur lequel on développe un biofilm, de façon analogue aux biofiltres utilisés pour le traitement de l'eau.