

1. Définition des déchets en fonction de l'origine et la production des déchets

1.1.Définition

Le terme déchet est issu du verbe « déchoir », qui exprime la perte progressive de la valeur d'un bien, d'une matière ou d'un objet, jusqu'à ce qu'il devienne inutilisable dans un lieu et à un moment donné.

D'un point de vue environnemental, un déchet constitue une menace à partir du moment où une interaction avec l'environnement est envisagée, qu'elle soit directe ou résultant d'un procédé de traitement.

1.2.Origine et types de déchets

1.2.1. Les polluants d'origine agrochimique

L'agriculture est la première utilisatrice des sols. Aujourd'hui, 12 % des terres émergées dans le monde sont cultivées. Pendant longtemps, les hommes se sont adaptés au sol et aux climats pour cultiver ce dont ils avaient besoin. Les cycles naturels des végétaux étaient respectés, ainsi que la qualité des sols.

Le développement d'une agriculture plus intensive, même si elle a permis d'accroître les productions vivrières, a contribué à la pollution des sols notamment suite à l'usage intensif d'engrais de synthèse et de produits phytosanitaires pour lutter contre les mauvaises herbes et les parasites. Des fertilisants minéraux ou organiques (lisiers, boues de station d'épuration) sont alors dispersés à la surface des sols afin d'accroître les rendements des végétaux cultivés. Ces produits contiennent des éléments qui ne sont pas tous dégradables. Ils peuvent donc rester dans le sol ou être entraînés par la pluie vers les nappes phréatiques ou les rivières ou être transférés vers les plantes, les animaux et l'homme.

Les énormes excédents de déchets solides d'origine agricole, produits par les exploitations ou la consommation urbaine des productions végétales et animales ne sont plus recyclés selon les pratiques traditionnelles mais entassés dans des décharges où la fermentation anaérobie produit des composés ammoniacaux ou sulfurés très toxiques entraînant une contamination accrue des sols et des eaux souterraines.

L'utilisation croissante d'engrais et de pesticides, l'épandage de lisier, de boues de station d'épuration et d'autres résidus d'origine urbaine introduit sur les terres agricoles une quantité croissante de polluants organiques et de métaux toxiques qui s'accumulent dans ces dernières et conduisent à une pollution irréversible des sols cultivés qui compromet, à long terme leur fertilité.

Remarque : Seule la transformation en compost de déchets solides riches en matières organiques, associée d'une interdiction de l'usage agricole de substances toxiques non biodégradables peut maintenir la qualité des sols cultivés.

a. Les engrais

Un engrais est une substance ou un mélange de substances destinées à apporter aux plantes cultivées les éléments nutritifs dont elles ont besoin pour leur croissance et leur développement.

Les engrais permettent d'augmenter les rendements agricoles et d'améliorer la qualité des cultures, qu'il s'agisse de cultures vivrières ou de cultures de rente. Ils contribuent également à restaurer et maintenir la fertilité des sols pauvres, souvent dégradés par la surexploitation. En favorisant des récoltes plus abondantes et de meilleure qualité, les engrais participent directement au bien-être des agriculteurs, des communautés locales et au développement de la nation.

La pollution par les engrais chimiques provient de leur apport dans le sol sous forme d'amendements :

- Les engrais azotés tels que le nitrate de calcium, le nitrate d'ammonium, le sulfate d'ammonium et l'urée sont transformés en nitrates par les bactéries nitrifiantes présentes dans le sol, permettant leur assimilation par les plantes.
- Les apports en potassium se font principalement via le chlorure de potassium, le nitrate de potassium ou la sylvinite, sous des formes solubles pour la nutrition des plantes.
- Le phosphore est apporté sous forme de superphosphates, riches en orthophosphates solubles.
- Les amendements calciques, tels que la chaux, le calcaire broyé ou le gypse, sont utilisés pour neutraliser l'acidité des sols.

Pour des raisons économiques, ces substances ne sont pas purifiées et introduisent dans le sol des traces de métaux et métalloïdes toxiques. C'est particulièrement le cas des superphosphates, dont la purification pour éliminer ces contaminants serait trop coûteuse.

Tableau 1. Tableau des principaux métaux ou métalloïdes constituant les impuretés présentes dans les superphosphates.

Elément	Concentration en masse (mg.Kg ⁻¹)
Arsenic	2,2 à 12
Cadmium	50 à 170
Chrome	66 à 243
Cobalt	0 à 9
Cuivre	4 à 79
Plomb	7 à 92
Nickel	7 à 32
Sélénium	0 à 4,5
Vanadium	20 à 180
Zinc	50 à 1430

L'agriculture peut aussi aggraver le sol en provoquant son tassement par le passage d'engins de plus en plus lourds. Le sol compacté ne laisse passer ni l'eau, ni l'air et la faune des recycleurs du sol (par exemple, les vers de terre) diminue.

b. Les pesticides

Un pesticide est une substance ou une préparation chimique utilisée pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles tels que les insectes, les mauvaises herbes, les champignons, les bactéries...

Alors que les engrais sont avant tout utilisés pour augmenter le rendement des récoltes, les pesticides servent à leur apporter une certaine conservation.

Selon les organismes qu'ils combattent, les pesticides peuvent être réparti en différents groupes :

- Les insecticides ;
- Les herbicides ;
- Les fongicides ;
- **Les insecticides :**

Ce sont des pesticides qui tuent les insectes, leurs larves et/ou œufs. Ce sont les pesticides les plus toxiques (haute toxicité vis-à-vis de l'homme et des animaux).

Les insecticides peuvent être des d'origine minérale à base de sels de cuivre (sulfate de cuivre utilisé par exemple pour le traitement de la carie du blé) ; d'origine végétale comme les aconits (espèces du genre *Aconitum*) utilisés contre les rongeurs au moyen âge ou les racines de tabac, ou bien des molécules de synthèse et appartiennent principalement à quatre groupes de composés organiques :

- Les organophosphorés
- Les organochlorés
- Les carbamates
- Les pyréthroïdes

- **Les herbicides**

Les herbicides représentent environ 85% des ventes totales des pesticides. Ils sont utilisés pour lutter contre les plantes parasites (ou mauvaises herbes).

Destinés à détruire ou à limiter la croissance des végétaux, les herbicides sont moins toxiques que les insecticides. Néanmoins, ils sont classés parmi les pesticides cancérigènes probables ou possible.

Les principaux herbicides sont :

- Les organochlorés
- Les organophosphorés
- Les dérivés de l'acide carbamique
- Les dérivés de la triazine
- Les dérivés de la pyridine
- Les composés aliphatiques

- **Les fongicides**

Les fongicides sont des composés inorganiques et organiques de structures comparables aux pesticides précédents. Ils ont été conçus exclusivement pour lutter contre les champignons parasites des végétaux.

On distingue :

- Les fongicides qui agissent sur plusieurs paramètres à la fois,
- Ceux qui inhibent la synthèse des acides aminés.
- D'autres qui perturbent la division cellulaire.

Les principaux fongicides sont :

- Les composés métalliques organiques et inorganiques
- Les dérivés de l'acide phtalique
- Les benzimidazoles

1.2.2. Les polluants d'origine urbaine

a. Émissions liées à la production d'énergie

Les installations de production d'énergie à partir du charbon émettent divers polluants atmosphériques, notamment des oxydes de carbone (COx), d'azote (NOx), de soufre (SOx), d'uranium oxydé (UOx) ainsi que des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Les centrales nucléaires peuvent également émettre des substances radioactives sous forme de radionucléides, principalement le ^{134}Cs et le ^{137}Cs . Ces éléments peuvent atteindre le sol par dépôt sec (retombées atmosphériques) ou par dépôt humide après leur dissolution dans les précipitations.

Par ailleurs, les cendres issues de la combustion du charbon contiennent souvent des composés radioactifs ainsi que divers métaux lourds, contribuant à la contamination des sols.

De nombreux polluants organiques et inorganiques, tels que les goudrons, les cyanures, les carburants, les oxydes de fer, le cadmium, le plomb, les sulfates et les sulfures, sont également retrouvés dans les sols des stations-service abandonnées.

b. Polluants du sol provenant des transports

Les transports constituent une source majeure de pollution des sols, en particulier les véhicules routiers, notamment ceux fonctionnant au diesel, ainsi que les avions. Les émissions associées contiennent des oxydes de carbone, d'azote et de soufre, des métaux lourds, ainsi que des micropolluants organiques fortement toxiques et cancérigènes.

Parmi ces micropolluants figurent les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorodibenzo-p-dioxines (PCDDs, communément appelées dioxines) et les polychlorodibenzofuranes (PCDFs), considérés parmi les substances chimiques les plus toxiques produites par l'homme.

Ces polluants atteignent le sol par dépôt direct des particules atmosphériques ou par lessivage à partir de l'atmosphère.

c. Polluants provenant des déchets et des boues d'épuration

Les déchets urbains et les boues d'épuration figurent parmi les principales sources de pollution des sols d'origine urbaine.

L'élimination des déchets par enfouissement ou par incinération peut entraîner une accumulation de métaux lourds tels que le cadmium, le cuivre, le plomb, l'étain et le zinc, ainsi

que de micropolluants organiques. La contamination des sols peut se produire soit directement par les lixiviats issus des décharges, susceptibles de polluer les sols et les nappes phréatiques, soit par les retombées des cendres issues de l'incinération.

Les boues d'épuration posent également un problème environnemental majeur en raison des difficultés liées à leur élimination. Elles sont souvent utilisées comme amendements agricoles du fait de leur richesse en matière organique et en éléments minéraux. Toutefois, elles contiennent fréquemment des concentrations élevées de métaux lourds, en particulier le cadmium, ainsi que des micropolluants organiques, pouvant s'accumuler dans le sol et être transférés vers les cultures.

d. Les polluants d'origine industrielle

Les polluants d'origine industrielle se présentent sous forme de déchets solides, liquides ou gazeux. Ils proviennent des rejets de diverses activités industrielles telles que les industries métallurgiques, minières et chimiques.

Ils comprennent notamment des hydrocarbures volatils ou peu volatils (kérosène, fioul, gasoil), des cyanures, des métaux lourds (arsenic, chrome, cuivre, cadmium, mercure, nickel, plomb, zinc), ainsi que des polluants organiques persistants tels que les polychlorobiphényles (PCB), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les produits phytosanitaires (pesticides, herbicides).

Les risques de pollution des sols dépendent de plusieurs facteurs, notamment la présence d'une source de pollution, la mobilité des substances polluantes et leurs possibilités de transfert vers l'air, l'eau des nappes phréatiques ou les cultures. Au contact des constituants du sol, ces polluants peuvent former des combinaisons chimiques plus ou moins dangereuses, accentuant leur impact environnemental.

2. Cycle de vie d'un déchet

Selon Debray (1997), le cycle de vie d'un déchet comprend l'ensemble des étapes successives allant de sa production jusqu'à son élimination finale, en passant par sa collecte, son transport, son traitement, sa valorisation éventuelle et son stockage selon la figure 1.

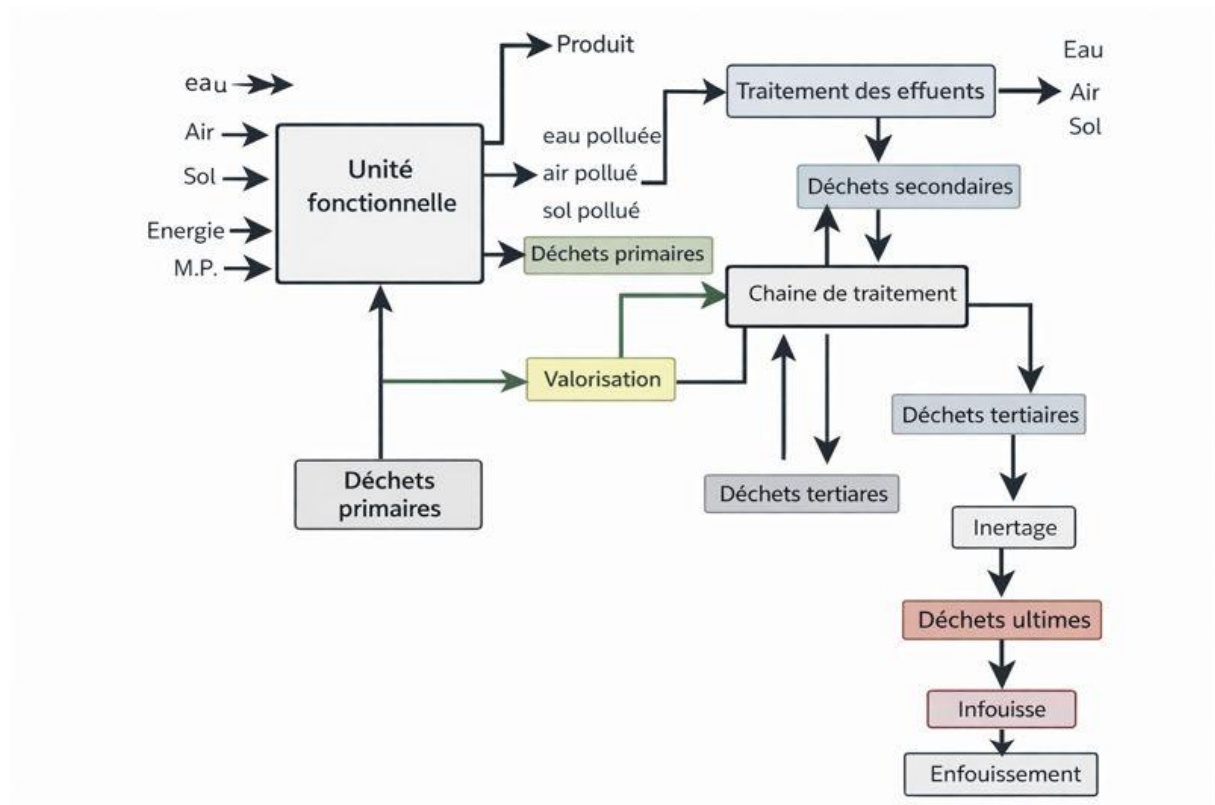


Fig.1. Cycle de vie d'un déchet

À chacune de ces étapes, le déchet peut engendrer des impacts potentiels sur l'environnement et la santé humaine.

Dans ce contexte, on distingue trois grandes catégories de déchets en fonction de leur position dans le cycle de vie : le déchet primaire, le déchet secondaire et le déchet ultime.

- **Le déchet primaire** est un déchet généré directement par une activité humaine (domestique, industrielle, agricole ou commerciale), sans avoir subi de traitement préalable.

- **Le déchet secondaire** est un déchet issu des opérations de traitement, de transformation ou de valorisation des déchets primaires.

- **Le déchet ultime** est un déchet qui ne peut plus être valorisé ou traité dans les conditions techniques et économiques du moment et qui est destiné à l'élimination finale.

3. Impact négatif des déchets sur l'environnement (Pollutions de l'air, de l'eau, et du sol -Santé publique)

La production croissante de déchets, qu'ils soient ménagers, industriels ou issus d'activités accidentelles, constitue aujourd'hui l'un des défis environnementaux majeurs. En l'absence d'une gestion adéquate, les déchets deviennent une source importante de pollution affectant l'air, l'eau et le sol, avec des conséquences directes et indirectes sur la santé publique. Les déchets mal gérés ne sont pas seulement un problème technique, mais un facteur de dégradation globale des écosystèmes et de la qualité de vie humaine (Moletta, *Le traitement des déchets*).

3.1.Pollution de l'air liée aux déchets

Les déchets sont à l'origine de multiples formes de pollution atmosphérique, notamment lors de leur stockage, de leur traitement ou de leur élimination finale.

3.1.1. Émissions gazeuses issues des décharges

Les centres d'enfouissement produisent des gaz résultant de la dégradation biologique de la matière organique, principalement le méthane (CH_4) et le dioxyde de carbone (CO_2). Le méthane est un gaz à effet de serre puissant, contribuant significativement au réchauffement climatique. En outre, des composés toxiques tels que l'ammoniac, le sulfure d'hydrogène et certains composés organiques volatils (COV) peuvent être émis, provoquant des nuisances olfactives et des risques sanitaires pour les populations riveraines (Koller, *Traitement des pollutions industrielles*).

3.1.2. Incinération et combustion incontrôlée

L'incinération des déchets, lorsqu'elle est mal contrôlée ou pratiquée de manière informelle, génère des polluants atmosphériques dangereux : oxydes d'azote (NO_x), oxydes de soufre (SO_2), particules fines, dioxines et furanes. Ces substances sont reconnues pour leurs effets cancérigènes et leur impact sur le système respiratoire. L'absence de systèmes de traitement des fumées transforme l'incinération en une source majeure de pollution de l'air.

3.2.Pollution de l'eau par les déchets

Les déchets constituent également une source importante de contamination des ressources hydriques, tant superficielles que souterraines.

3.2.1. Lixiviats des déchets solides

Le contact entre les déchets et l'eau de pluie conduit à la formation de lixiviats, chargés en matières organiques, métaux lourds, sels, nutriments et micropolluants. Ces effluents peuvent infiltrer les sols et atteindre les nappes phréatiques, compromettant la qualité de l'eau potable. Les lixiviats sont souvent caractérisés par une forte demande chimique en oxygène (DCO), entraînant une asphyxie des milieux aquatiques (Moletta).

3.2.2. Pollution accidentelle des eaux

Dans le cas de pollutions accidentelles, comme les déversements industriels ou les catastrophes environnementales, la gestion inadéquate des déchets générés aggrave la contamination des eaux. Ces déchets peuvent contenir des substances toxiques persistantes, difficiles à éliminer, provoquant une dégradation durable des écosystèmes aquatiques et affectant la biodiversité (*Gestion des déchets issus d'une pollution accidentelle des eaux*).

3.3. Pollution des sols par les déchets

Les sols sont souvent les premiers récepteurs des déchets solides, ce qui les rend particulièrement vulnérables à la contamination.

3.3.1. Accumulation de polluants

Les déchets industriels et ménagers peuvent contenir des métaux lourds (plomb, cadmium, mercure), des hydrocarbures, des pesticides et d'autres substances toxiques. Ces polluants s'accumulent dans le sol, altèrent ses propriétés physico-chimiques et biologiques, et réduisent sa fertilité (Koller).

3.3.2. Transfert vers la chaîne alimentaire

Les contaminants présents dans le sol peuvent être absorbés par les plantes, puis transférés aux animaux et à l'homme via la chaîne alimentaire. Ce phénomène de bioaccumulation représente un risque majeur pour la sécurité alimentaire et la santé humaine, en particulier dans les zones agricoles proches des décharges ou des sites industriels pollués.

3.4. Impacts des déchets sur la santé publique

Les effets des déchets sur la santé publique sont multiples et souvent sous-estimés.

3.4.1. Exposition directe et indirecte

Les populations exposées aux déchets ou à leurs sous-produits peuvent développer des maladies respiratoires, cutanées, gastro-intestinales et neurologiques. Les travailleurs du secteur des déchets et les habitants des zones proches des sites de stockage sont particulièrement vulnérables (Gestion des déchets ménagers – Recueil de normes).

3.4.2. Risques biologiques

Les déchets ménagers constituent un milieu favorable à la prolifération de micro-organismes pathogènes, d'insectes et de rongeurs vecteurs de maladies. Une collecte et un traitement insuffisants favorisent la propagation d'épidémies, notamment dans les zones urbaines à forte densité de population.