

I- Chapitre 01 :

1- Notions fondamentales :

1-1- Notion de l'environnement :

Tout facteur externe, affectant un organisme, fait partie du concept « Environnement ». Il peut être un autre organisme ou un des variables non vivants (Eau, sol, climat, lumière, oxygèneetc). L'environnement est un système complexe composé du sol, de l'eau, de l'air, du monde vivant (Animaux et végétaux), ainsi que tout type d'interaction entre eux.

1-1-1- Dégradation de l'environnement :

La dégradation de l'environnement est une des menaces majeures pour notre planète. Elle se produit à cause de multiples dégâts que subit l'environnement et dont les facteurs sont nombreux. Elle peut provoquer de nombreuses conséquences comme l'extinction des espèces, la perte de la biodiversité, la dégradation de la qualité de l'air, la pollution de l'eau, l'érosion du sol et l'augmentation de l'effet de serre.

1-1-2- Protection de l'environnement :

La protection de l'environnement consiste à la conservation des espèces animales et végétales qui le compose, ainsi que celle de l'intégrité écologique de leurs habitats naturels, et cela par la prise des mesures qui limitent l'impact négatif des activités anthropiques sur cet environnement. Cette action est donc à la fois scientifique (développement des connaissances), citoyenne (Intéresse toutes les générations de la communauté), et politique (Nécessite la pratique des lois et des décrètes environnementales).

1-2- Notion d'Evaluation de la qualité des milieux (Ecosystèmes) :

L'évaluation de la qualité écologique des écosystèmes est mise en place pour l'élaboration des moyens adaptés, permettant de lutter contre la diminution massive de la biodiversité. Elle est réalisée par l'estimation d'ensemble des paramètres et d'indices (Physico-chimiques, organiques ou biologiques....etc) et ensuite leur comparaison à des normes référentielles dans le but de préciser le degré de pollution (Mauvaise qualité écologique) ou de la propreté (Bonne qualité écologique) des milieux.

1-3- Notion d'Analyse de l'environnement :

C'est une estimation de la qualité d'un milieu (Eau, sol, atmosphère), afin d'évaluer son état écologique et sa diversité naturelle. Cela est réalisable par :

- La détermination des polluants (Pesticides, éléments traces...etc), par des analyses quantitatives et qualitatives selon plusieurs étapes (Extraction, dérivation, séparation des éléments.....etc.).
- L'adaptation des conventions internationales et des directives environnementales organisées par des commissions spécifiques, afin de pratiquer des réglementations protectrices de l'environnement

1-3-1- Objectifs d'analyse de l'environnement :

Les objectifs des analyses environnementales sont :

- ❖ Evaluation de l'état du système environnemental à un moment donné (Suivi).
- ❖ Etude de l'effet des organisations étatiques ou des entreprises privées sur l'environnement.
- ❖ Impact du système anthropique sur le système environnemental.
- ❖ Etude et programmation des mesures pouvant diminuer les dangers signalés et la planification de leur réalisation.

1-3-2- Matrices analysées :

L'échantillon à étudier peut subir des techniques variables sur la même analyse spécifique ou des techniques applicables sur plusieurs analyses sélectives. Le suivi environnemental peut s'effectuer en plusieurs milieux physiques (Eau, air, sol), selon des études chimiques, physiques ou biologiques, afin d'identifier toute anomalie naturelle et mettre en œuvre des mesures pour la corriger. Les milieux analysés peuvent être :

- **Eaux**

Divers types d'eau sont analysées pour le contrôle de la qualité de l'environnement : Eaux résiduaires, eaux de surface, eaux souterraines. Les programmes de surveillance des eaux sont également entrepris dans le cadre des conventions internationales pour les eaux marines (Commission d'Oslo et de Paris. OSPAR en 1992, d'Helsinki HELCOM en 1974, convention de Barcelone en 1976) ou fluviales. Les eaux de pluies sont également analysées pour évaluer l'impact des pluies acides et de retombées atmosphériques (Composées alkyles du plomb) sur l'environnement dans le cadre des programmes internationaux.

- **Sédiments**

Ce sont les particules en suspension dans l'eau, l'atmosphère ou la glace, qui finissent par retomber sur les surfaces par force de gravité. L'analyse de ces sédiments est nécessaire pour le calcul de la charge des polluants. En effet, les contaminants (organiques et inorganiques) sont absorbés par ces particules dans les milieux pollués.

- **Sols, boues et composts**

Ces milieux peuvent faire l'objet des études agronomiques (Assimilation des plantes, déficiences des sols), ou des risques environnementaux (Positions des polluants dans le sol, détermination des teneurs en éléments ou des composés organiques).

La valeur fertilisante du compost peut être mesurée par des propriétés chimiques (PH, conductivité électrique, teneur en éléments etc).

- **Echantillons biologiques**

Il s'agit des espèces naturelles indicatrices de pollution comme : les mousses qui accumulent les métaux lourds dans leurs tissus, les lichens qui résistent les polluants atmosphériques, les diatomées (Algues), sensibles à la pollution, et certaines espèces de poissons qui accumulent les polluants des milieux marins dans leurs cuticules et qui sont donc considérés comme de bons indicateurs de la qualité du milieu aquatique.

- **Echantillons atmosphériques :**

Les émissions atmosphériques sont souvent mesurées par des filtres de tunnels routiers. L'utilisation excessive du charbon dans les domaines de l'industrie et de l'économie provoque une réponse de contrôle environnemental, ainsi que de nombreux programmes d'analyse.

2- Paramètres déterminés

2-1- Paramètres physico-chimiques et normes (Cas du milieu aquatique):

2-1-1-Température (T) :

C'est une grandeur physique et un facteur écologique important pour la survie des espèces. Elle joue un rôle primordial dans la solubilité et la dissociation des sels et des gaz (Oxygène). Son augmentation peut perturber la vie aquatique des espèces (Pollution thermique). Une eau chaude peut accélérer la vie et l'activité des micro-organismes et des algues et avoir une influence sur les autres paramètres physico-chimiques (PH, conductivité, teneur en oxygène....etc). La température est mesurée par thermomètre en degré Celsius (°C). Dans le sol, l'augmentation des températures peut avoir un effet sur la mobilité des métaux et sur l'accélération de l'activité bactérienne.

Tab01 : Température et qualité d'eau

Température (en °C)	Qualité de l'eau
≤ 20	Normale
20-22	Bonne
22-25	Moyenne
25-30	Médiocre
≥ 30	Mauvaise

2-1-2- Potentiel d'hydrogène (PH) :

C'est une mesure chimique des concentrations d'ions d'hydrogène (H^+) dans l'eau ($PH = -\log [H^+]$). Les rejets industriels dans le sol ou les apports des eaux de ruissellement dans les milieux aquatiques, peuvent être à l'origine de sa variété, qui est considéré comme indice important de la pollution naturelle. Des valeurs

de PH acide ($\text{PH} < 7$) augmenteraient le risque de présence des métaux sous forme ionique toxique. Dans les milieux terrestres, ce déséquilibre peut être à l'origine de la salinisation des sols, un mécanisme qui participera à l'inhibition de l'activité bactérienne et à un ralentissement de la dégradation des matières organiques. Il est mesuré à l'aide d'un PH mètre et n'a pas d'unité. Sa valeur varie de 0 à 14 depuis un aspect acide à celui basique, en passant par un PH neutre ($\text{PH}=7$) :

- $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} > 7$: l'eau est basique.
- $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} < 7$: l'eau est acide.
- $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} = 7$: l'eau est neutre.

Tableau 02. PH et qualité d'eau

PH	Qualité du milieu aquatique
$\text{pH} < 5$	Inférieur à la vie des espèces
$5 < \text{pH} < 6$	Tolérable par les espèces
$6 < \text{pH} < 7.5$	Optimale (Vie et reproduction)
$7.5 < \text{pH} < 8.5$	Optimale pour les planktons
$\text{pH} > 8.5$	Incapacité de vie des algues
$\text{pH} > 9$	Incapacité de survie des espèces

2-1-3- Conductivité électrique (CE) :

C'est la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. Elle indique le degré de minéralisation de l'eau, dont les principaux sels sont : Ca^{+2} (Calcium), Mg^{+2} (Magnésium), Na^+ (Sodium), K^+ (Potassium)etc. Plus l'eau est minéralisée plus sa conductivité électrique est importante. En effet, les anions et les cations présents dans un milieu pollué participent à créer un champ magnétique apte à faire passer le courant électrique à travers ses éléments. Elle est mesurée par conductimètre en $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les espèces aquatiques ne supportent pas généralement des variations importantes en sels dissous.

Tableau 03. Conductivité électrique et qualité d'eau

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité de l'eau
50-400	Excellente
400-750	Bonne
750-1500	Médiocre
>1500	Minéralisation excessive (Pollution)

2-1-4- Oxygène dissous (Saturation en oxygène) (OD) :

L'oxygène est un élément indispensable pour la vie des espèces aquatiques. Il provient de l'atmosphère ou de l'activité photosynthétique des algues. Sa teneur en milieu aquatique est variable selon la durée du jour

(Température), et selon la profondeur du milieu marin (faible en profondeur). La concentration en oxygène dissous en eau est exprimée en mg /l. Concernant le DCO (Demande chimique en oxygène) : c'est une mesure de la matière organique présente dans l'eau (Matière polluante), par l'estimation de la quantité d'oxygène nécessaire à la dégrader par voie chimique (En utilisant un oxydant spécifique).

Quand à la DBO5 (Demande biochimique en oxygène en 5 jours), elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour les micro-organismes du milieu aquatique, dans leur processus de dégradation (oxydation) d'une partie de la matière organique présente dans le milieu et cela pendant 5 jours. La quantité d'oxygène nécessaire pour ce mécanisme reflétera le degré de l'accélération ou de la diminution de l'activité bactérienne ainsi que le niveau de la pollution du milieu.

Tableau 04. DBO5 et qualité d'eau

DBO5 (mg/l) (O2)	Qualité de l'eau
<1	Excellente
2	Bonne
3	Moyenne
5	Moyennement polluée
>10	Eau polluée

2-1-5- Dureté de l'eau (TH):

C'est la somme des concentrations en cations métalliques : Ca^{++} (Calcium), Mg^{++} (Magnésium). Leur présence peut réduire la toxicité des métaux. C'est donc un indice de pollution du milieu. La dureté total $\text{TH} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$. Une valeur faible de la dureté d'une eau indique un bon milieu vital pour les espèces.

Tableau 05. Dureté et qualité d'eau

Dureté (mg/l) (CaCO_3)	Qualité de l'eau
0-30	Très douce
31-60	Douce
61-120	Moyennement douce
121-180	Dure
>180	Très dure

2-1-6- Paramètres organoleptiques de l'eau :

Ce sont des facteurs qui s'indiquent lors de la consommation de l'eau (Couleur, goût, odeur....etc) et dont la perturbation présente un risque pour la santé humaine :

A- Turbidité :

Elle indique le degré de l'absorption ou de diffusion de la lumière dans un milieu aquatique, qui est fonction de la présence ou l'absence de matières en suspension dans l'eau, comme : L'argile, le limons.....etc. Son augmentation permettra aux micro-organismes de se fixer sur les particules en suspension.

B- Couleur :

Elle change selon la composition de l'eau en matières (Micro-organismes) ou en éléments métalliques : La présence en Fer par exemple donne une couleur rouille à l'eau, alors que la présence du manganèse lui donne une couleur noire.

C-Gout-odeur :

Le gout et l'odeur d'un milieu aquatique changent grâce à la présence de substances volatils comme le chlore (Cl), le dioxyde de soufre (SO₂)....etc, ou à la présence de substances organiques comme : les esters, les alcools....etc. Le changement de gout des eaux potables peut être également fonction de l'activité microbienne (Bactéries).

1-1- Paramètres inorganiques (géochimiques) :

Les éléments chimiques sont présents dans les écosystèmes naturels, sous différentes formes (Eléments majeurs, éléments mineurs, éléments traces, éléments assimilables, éléments toxiques, éléments terre rares, oligo-éléments....etc) (**Fig 01**). La géochimie est la discipline qui étudie l'origine, l'évolution et la distribution des éléments chimiques dans les milieux naturels. Son objectif est d'évaluer les processus chimiques qui régissent la composition des roches, de l'eau et des sols, ainsi que de suivre les cycles de matière et d'énergie transportant les composants chimiques des sols jusqu'aux milieux atmosphériques et aquatiques.

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

Non-métaux

Métaux alcalins

Métaux alcalino-terreux

Métaux de transitions

Métaux pauvres

Métalloïdes

Halogènes

Gaz nobles

Lanthanide

Actinide

1 H HYDROGÈNE 1.0079	2 He Hélium 4.0026																	109 Mt Meitnerium [276]	110 Ds Darmstadtium [271]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [285]	113 Nh Nihonium [284]	114 Fl Flerovium [289]	115 Uut Ununtrium [288]	116 Uup Ununhexium [289]	117 Lv Livermorium [293]	118 Uuo Ununoctium [294]																		
3 Li Lithium 6.941	4 Be Béryllium 9.0122	5 B Bore 10.811	6 C Carbone 12.011	7 N Azote 14.007	8 O Oxygène 15.999	9 F Fluore 18.998	10 Ne Neon 20.179																	108 Hs Hassium [277]	107 Bh Bohrium [264]	106 Sg Seaborgium [266]	105 Db Dubnium [262]	104 Rf Rutherfordium [261]	103 Lr Lawrencium [262]	102 No Nobelium [259]	101 Md Mendelevium [258]	100 Fm Fermium [257]	99 Es Einsteinium [252]	98 Cf Californium [251]	97 Bk Berkélium [247]	96 Cm Curium [247]	95 Am Américium [243]	94 Pu Plutonium [244]	93 Np Neptunium [237]	92 U Uranium [238]	91 Pa Protactinium [231]	90 Th Thorium [232]	89 Ac Actinium [227]		
11 Na Sodium 22.990	12 Mg Magnésium 24.305	13 Al Aluminium 26.981	14 Si Silicium 28.086	15 P Phosphore 30.974	16 S Soufre 32.06	17 Cl Chlore 35.453	18 Ar Argon 39.948																	101 Md Mendelevium [258]	100 Fm Fermium [257]	99 Es Einsteinium [252]	98 Cf Californium [251]	97 Bk Berkélium [247]	96 Cm Curium [247]	95 Am Américium [243]	94 Pu Plutonium [244]	93 Np Neptunium [237]	92 U Uranium [238]	91 Pa Protactinium [231]	90 Th Thorium [232]	89 Ac Actinium [227]									
19 K Potassium 39.098	20 Ca Calcium 40.078	21 Sc Scandium 44.956	22 Ti Titane 47.88	23 V Vanadium 50.942	24 Cr Chrome 51.996	25 Mn Manganèse 54.938	26 Fe Fer 55.845	27 Co Cobalt 58.933	28 Ni Nickel 58.693	29 Cu Cuivre 63.546	30 Zn Zinc 65.38	31 Ga Gallium 69.723	32 Ge Germanium 72.63	33 As Arsenic 74.922	34 Se Sélénium 78.96	35 Br Brome 79.904	36 Kr Krypton 83.798																	99 Es Einsteinium [252]	98 Cf Californium [251]	97 Bk Berkélium [247]	96 Cm Curium [247]	95 Am Américium [243]	94 Pu Plutonium [244]	93 Np Neptunium [237]	92 U Uranium [238]	91 Pa Protactinium [231]	90 Th Thorium [232]	89 Ac Actinium [227]	
37 Rb Rubidium 85.468	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.906	40 Zr Zirconium 91.224	41 Nb Niobium 92.906	42 Mo Molybdène 95.94	43 Tc Technétium 98	44 Ru Ruthénium 101.07	45 Rh Rhodium 102.91	46 Pd Paladium 106.42	47 Ag Argent 107.868	48 Cd Cadmium 112.411	49 In Indium 114.818	50 Sn Étain 118.710	51 Sb Antimoine 121.757	52 Te Tellure 127.6	53 I Iode 126.905	54 Xe Xénon 131.29																	97 Bk Berkélium [247]	96 Cm Curium [247]	95 Am Américium [243]	94 Pu Plutonium [244]	93 Np Neptunium [237]	92 U Uranium [238]	91 Pa Protactinium [231]	90 Th Thorium [232]	89 Ac Actinium [227]			
55 Cs Césium 132.905	56 Ba Baryum 137.327	57-71* Lanthanides	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantale 180.94	74 W Tungstène 183.84	75 Re Rhenium 186.207	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.222	78 Pt Platine 195.084	79 Au Or 196.967	80 Hg Mercure 200.59	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Plomb 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium [209]	85 At Astatine [210]	86 Rn Radon [222]																	95 Am Américium [243]	94 Pu Plutonium [244]	93 Np Neptunium [237]	92 U Uranium [238]	91 Pa Protactinium [231]	90 Th Thorium [232]	89 Ac Actinium [227]					
87 Fr Francium [223]	88 Ra Radium [226]	89-103** Actinides	104 Rf Rutherfordium [261]	105 Db Dubnium [262]	106 Sg Seaborgium [266]	107 Bh Bohrium [264]	108 Hs Hassium [277]	109 Mt Meitnerium [268]	110 Ds Darmstadtium [271]	111 Rg Roentgenium [272]	112 Cn Copernicium [285]	113 Nh Nihonium [284]	114 Fl Flerovium [289]	115 Uut Ununtrium [288]	116 Uup Ununhexium [289]	117 Lv Livermorium [293]	118 Uuo Ununoctium [294]																	93 Np Neptunium [237]	92 U Uranium [238]	91 Pa Protactinium [231]	90 Th Thorium [232]	89 Ac Actinium [227]							
72 La Lanthane 138.905	73 Ce Cérium 140.12	74 Pr Praseodyme 140.908	75 Nd Néodyme 144.24	76 Pm Prométhée [145]	77 Sm Samarium 150.36	78 Eu Europium 151.964	79 Gd Gadolinium 157.25	80 Tb Terbium 158.925	81 Dy Dysprosium 162.50	82 Ho Holmium 164.930	83 Er Erbium 167.259	84 Tm Thulium 168.934	85 Yb Ytterbium 173.054	86 Lu Lutécium 174.967																	91 Pa Protactinium [231]	90 Th Thorium [232]	89 Ac Actinium [227]												
88 Ac Actinium [227]	89 Th Thorium [232]	90 Pa Protactinium [231]	91 U Uranium [238]	92 Np Neptunium [237]	93 Pu Plutonium [244]	94 Am Américium [243]	95 Cm Curium [247]	96 Bk Berkélium [247]	97 Cf Californium [251]	98 Es Einsteinium [252]	99 Fm Fermium [257]	100 Md Mendelevium [258]	101 No Nobelium [259]	102 Lr Lawrencium [262]																	89 Ac Actinium [227]	88 Th Thorium [232]	87 Pa Protactinium [231]	86 U Uranium [238]	85 Np Neptunium [237]	84 Pu Plutonium [244]	83 Am Américium [243]	82 Cm Curium [247]	81 Bk Berkélium [247]	80 Cf Californium [251]	79 Es Einsteinium [252]	78 Fm Fermium [257]	77 Md Mendelevium [258]	76 No Nobelium [259]	75 Lr Lawrencium [262]

Figure 01. Différents éléments chimiques dans la nature

1-1-1- Eléments majeurs :

Des principaux éléments chimiques qui constituent les roches et les minéraux. Les 12 éléments majeurs existants dans la nature représentent environ 99,4% du total des éléments. Ils sont importants pour les plantes mais leur présence au-delà du seuil tolérable par la nature (teneur), peut être à l'origine de la pollution des milieux (émissions agricoles et industrielles). Les principaux éléments majeurs des écosystèmes naturels sont :

❖ Aluminium (Al):

C'est un élément toxique, présent sous forme d'ion (Al^{+3}) dans les eaux acides, sa présence en concentrations supérieures à 0.2 mg/l provoque une toxicité détectée chez les consommateurs.

❖ Azote (N):

Son cycle présente un important équilibre entre les processus de la fixation d'azote atmosphérique (N_2) et la dénitrification (production de N_2). Les concentrations en nitrates des eaux souterraines doivent rester inférieures à 1 mg/l.

❖ Calcium (Ca):

Responsable de la dureté de l'eau, où il représente l'élément le plus dominant. Les eaux potables, de bonne qualité renferment de 100 à 140 mg/l de calcium.

❖ Magnésium (Mg) :

Il provient de la dissolution des formations carbonatées. Au même titre que le calcium, il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Sa teneur dépasse rarement 15mg/l.

❖ Phosphore (P) :

Issu du lessivage des zones agricoles fertilisées par les engrais phosphatés, il joue un rôle primordial dans le développement des algues, ce qui contribue dans le cas de pollution des milieux aquatiques au phénomène de l'eutrophisation.

❖ Potassium (K) :

Il provient de l'altération des formations silicatées, des argiles potassiques, des rejets industriels et de la dissolution des engrais chimiques. Il est présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l.

1-1-1-1- Eléments majeurs et métabolisme végétal :

Les végétaux prélèvent les éléments nutritifs du sol. Il est donc nécessaire de maintenir sa fertilité en reconstituant ses réserves par des apports de matières minérales adaptés, variables en fonction de la richesse du milieu et des besoins des plantes. Les analyses annuelles des sols, permettront, de connaître leur teneur en éléments majeurs et oligo-éléments. Il sera alors possible de corriger les carences éventuelles en apportant les compléments dont ils ont besoin.

D'autre part l'usage intensifié des engrais chimiques et des produits phytosanitaires (**Fig 02**) sur les plantes ou les sols en raison d'améliorer leur rendement annuel, mène à leur ruissellement puis leur infiltration jusqu'à atteindre et contaminer respectivement les sols, les eaux de surface, les eaux souterraines, la faune, la flore, les chaînes alimentaires et la santé humaine. Cette minéralisation excessive est l'origine de la présence et la persistance de ces éléments à des teneurs et des taux qui dépassent les normes naturelles, ce qui provoque une dégradation massive de la fertilité des sols, et d'où la nécessité d'appliquer des processus de rotation sur ces terrains agricoles.

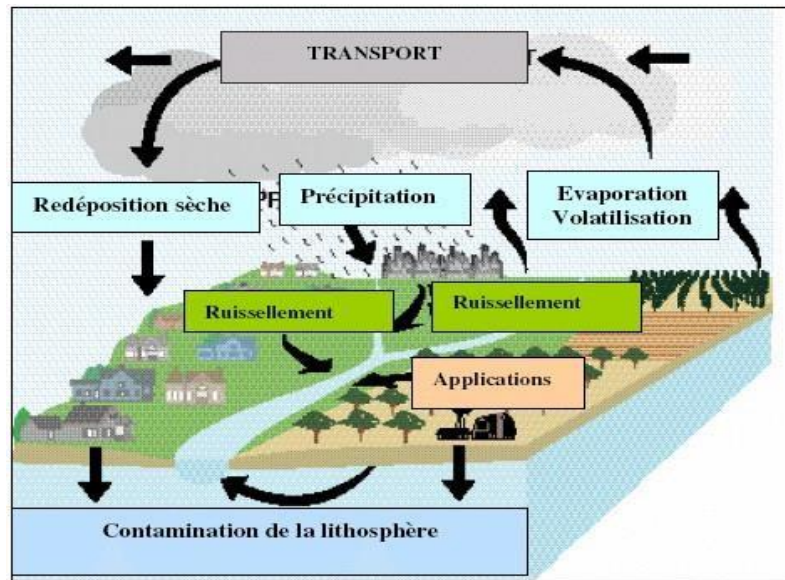


Figure 02. Cycle de pesticides dans la nature

1-1-2- Eléments traces :

Les éléments traces sont toxiques pour les organismes vivants à de relatives faibles concentrations. On compte environ 80 éléments traces dans la nature, et qui ne présentent en réalité qu'environ 0,6% de l'ensemble des éléments existants. Parmi les éléments métalliques traces, on peut citer :

❖ Arsenic (As) :

Employé dans la métallurgie (alliages), l'électronique (semi-conducteurs), la fabrication de peinture, et la coloration des verres

❖ Bore (B) :

Utilisé comme antiseptique, dans l'industrie de verre, de la céramique, la fabrication de cosmétiques, de peinture et des produits phytosanitaires.

❖ Brome (Br) :

Il est présent dans les mers ou dans les minerais, où il peut se trouver sous forme de bromures dans les espaces pollués.

❖ **Cadmium (Cd) :**

Il provient des matières en plastique, des huiles de moteurs, des piles, des produits de soudure et des engrais naturels.

❖ **Chrome (Cr) :**

Il se retrouve dans les roches basiques avec des teneurs plus importantes, et sous forme de traces dans les silicates. Son origine industrielle est liée à la galvanoplastie, la tannerie, la raffinerie, la métallurgie, ainsi que la production des colorants.

❖ **Mercure (Hg) :**

Utilisé principalement dans la métallurgie, la médecine, les cosmétiques, ou l'alchimie. Il est hautement toxique pour l'homme et l'environnement.

1-1-2-1- Toxicité des éléments métalliques traces (ETM) :

Les éléments métalliques traces sont présents, naturellement, sous forme de minerais inerte, mais deviennent dangereux lorsqu'ils sont mis en circulation dans l'environnement suite aux activités humaines. Les ETM sont toxiques pour les êtres vivants (microorganismes, plantes, animaux Homme) en fonction de la dose et du niveau d'exposition. Ils peuvent être transmis des sols et des eaux d'irrigation contaminés aux produits agro-alimentaires et provoquent de nombreux troubles de santé chez l'homme et l'animal (Respiratoires et cancérigènes....etc).

1-1-2-2- Différentes analyses de la qualité écologique des sols :

L'analyse de sol est couramment pratiquée dans le but de connaître les potentialités d'exploitation durable des terrains, de façon à économiser et gérer les pertes d'érosion de l'environnement. Pour procéder à des analyses complètes de la qualité des sols, on doit passer par plusieurs aspects structuraux :

1- Analyses physiques :

Des analyses qui puissent nous rendre compte sur la texture (granulométrie), la structure, les capacités de rétention de l'eau et de la circulation d'oxygène dans un milieu terrestre.

2- Analyses physico-chimiques :

Elles indiquent l'état chimique du sol (pH, humidité, conductivité électrique, taux de CaCO₃ total et actif, taux de Carbone, de matière organique et d'Azote).

3- Analyses biologiques :

L'analyse biologique permet d'évaluer l'évolution du statut organique du sol. Le premier indicateur est le rapport C/N (carbone total sur azote total du sol). L'étude écologique de la pédofaune (champignons et

bactéries.....etc) terrestre, en plus de l'estimation de la vitesse de décomposition des matières en dégradation, renseignent sur la qualité des sols.

4- Fond géochimique du sol :

C'est l'étude de la composition chimique et du taux des éléments majeurs et éléments métalliques traces d'un sol, dans le but de déterminer la qualité de la flore et de la faune qu'il abrite. Elle est composée du « fond géochimique naturel » (résultant de l'évolution des roches-mères et des apports naturels), et du « fond d'origine anthropique » qui exprime le taux des éléments introduits dans le milieu par des activités humaines (Agriculture et industrie).

1-2- Paramètres organiques :

1-2-1- Définition d'une matière organique :

C'est la matière qui compose les tissus des êtres vivants, elle est principalement formée de la biomasse vivante et morte, dans un cycle continu de décomposition et de biosynthèse (**Fig 03**). Elle existe dans des composants de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, de faibles quantités d'azote, de phosphore, de potassium, et de soufre.....etc. La matière organique peut exister sous deux formes principales :

- **Substances humiques (Humus) :**

Ce sont des substances à caractère acide et hydrophile, issues de la dégradation biologique et de l'oxydation chimique des déchets animaux et végétaux (macromolécules). Elles représentent environ 30 à 50% du carbone organique.

- **Substances non humiques :**

Des formes de protéines, de peptides, d'acides aminés, des graisses et des molécules de petite taille dégradées à travers des enzymes sécrétés par des microorganismes.

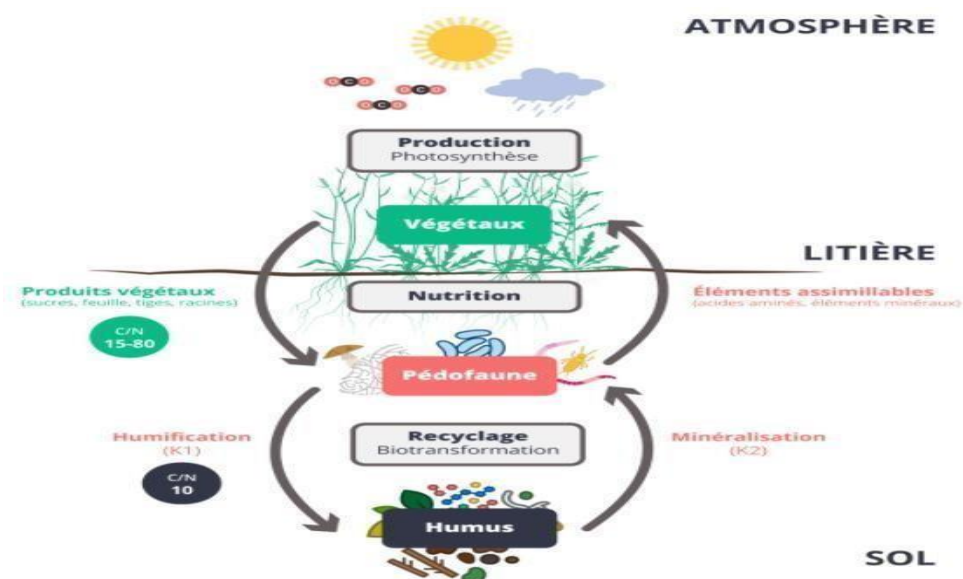


Figure 03. Cycle de matière organique (Production-dégradation)

1-2-2- Production de la matière organique :

La première fonction des végétaux est de produire la matière organique par photosynthèse (**Fig 04**). Un processus qui se déroule chez les organismes autotrophes, qui utilisent la lumière comme source d'énergie, le dioxyde d'azote ainsi que des éléments inorganiques dissous (Eléments minéraux) afin de synthétiser la matière organique vivante.

Elle peut également être transportée aux écosystèmes aquatiques et terrestres sous forme de feuilles, de fruits et de divers débris organiques (végétaux et animaux) qui tombent dans l'eau ou les sols, où ils seront dégradés par les microorganismes décomposeurs.

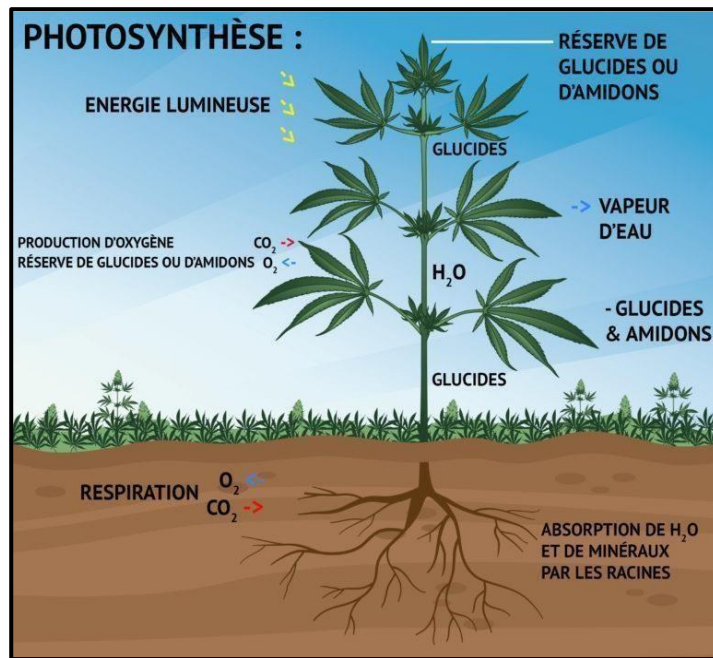


Figure 04. Processus de la photosynthèse

1-2-3- Dégradation de la matière organique :

La matière organique des organismes morts est dégradée, sous forme de composés organiques ou inorganiques, solubles ou particuliers. Ces processus utilisent le dioxygène dissous et aboutissent à la reminéralisation des éléments nutritifs, qui seront à nouveau absorbés par les organismes autotrophes (C'est la transformation inverse de matière organique en éléments inertes). La dégradation de la matière est un phénomène qui participe à la production d'énergie nécessaire pour d'autres mécanismes physiologiques telle que la respiration des espèces naturelles.

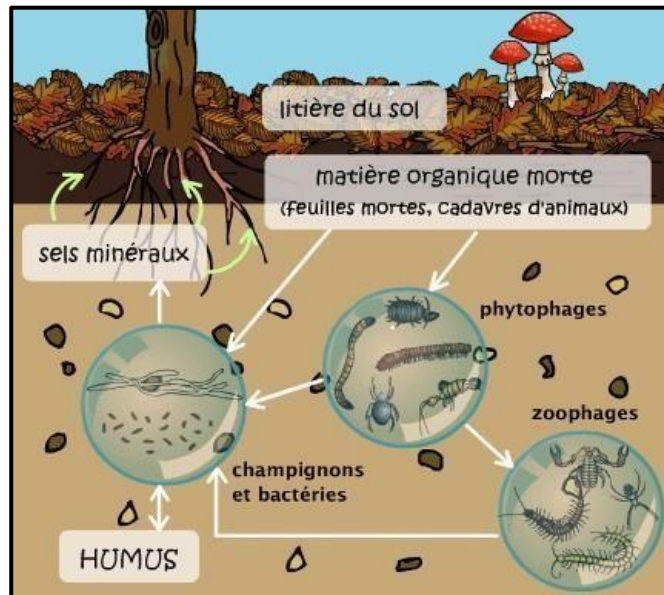


Figure 05. Dégradation de la matière organique

2-3-4-Etapes de dégradation de la matière organique:

1- Lixiviation

Les flux d'eau des pluies qui traversent les litières et le sol et dégradent la matière organique, peuvent entraîner des ions et de la matière soluble (lixiviation de carbone organique dissous).

2- Fragmentation

Les détritiques de grande taille sont dégradés par les organismes de la faune du sol (Saprophytes). Ces organismes se nourrissent en ingérant et en assimilant partiellement des fragments de matière morte, qu'ils découpent avec leurs pièces buccales et les déplacent dans le sol « matières organiques particulières ».

3- Incorporation

Les vers de terre anéciques, les termites et les fourmis, ont un impact majeur sur le déplacement des matières particulières issues des premiers horizons. Ces ingénieurs du sol participent à l'incorporation des matières organiques des surfaces, dans les couches les plus profondes.

4- Catabolisme enzymatique

Les matières organiques particulières sont également la source d'énergie pour les microorganismes décomposeurs (bactéries, champignons, archées), qui produisent des enzymes extracellulaires capables de lyser certaines liaisons chimiques des matières organiques, et donc d'en détacher des sucres solubles.

La libération de molécules inorganiques (CO₂, des ions nutritifs comme l'ammonium, les phosphates...etc) est appelée « minéralisation »

5- Stabilisation

C'est l'étape qui indique la fin de la décomposition des matières organiques. Certaines molécules s'adsorbent sur les minéraux du sol, et une fois adsorbées elles sont moins sensibles à la dégradation enzymatique. On parle alors de stabilisation physico-chimique de la matière organique.

Tableau 06. Principaux décomposeurs de la matière organiques dans la nature

Groupe	Différents types selon leur nature
Décomposeurs	• <u>Microflore</u> Bactéries et champignons, décomposeurs primaires principaux ; capables de digérer des matières organiques complexes et de les transformer en substances plus simples. • <u>Microfaune</u> Certains types de protozoaires et de nématodes qui se nourrissent de tissus microbiens ou les assimilent et excrètent des nutriments minéraux. • <u>Mésafaune</u> Allant des petits arthropodes acariens (Acari) et les collemboles (Collembola) et des Enchytraeidae ; qui désagrègent les résidus végétaux, et de la matière morte et se nourrissent de décomposeurs primaires. • <u>Macrofaune</u> Fourmis, termites, mille-pattes et vers de terre qui contribuent à la décomposition des matières organiques en désagrégeant les détritux végétaux et les déplaçant dans le profil de sol, améliorant ainsi la disponibilité des ressources pour la microflore.