**Généralité sur l’écotoxicologie et le développement durable**

**Chapitre I environnement et pollution**

1. Définition de quelques concepts : Environnement- Pollution
2. Historique des pollutions
3. Causes et Sources de la pollution

3.1. Causes

3.2. Sources

1. Classification des différents types de pollution

4.1 Pollution atmosphérique

a. Nature et sources de la pollution atmosphérique

b. Impact des polluants atmosphériques sur l’environnement et la santé humaine

4.2. Pollution des sols et des eaux

a. Polluants au niveau ménage

b. Polluants en provenance de l’agriculture intensive

b1. Pollution par les engrais

b2. Pollution par les pesticides

c. Conséquences sur l’environnement

d. Modalités de lutte contre la pollution des sols et des eaux

4.3. Pollutions particulières

**Chapitre II : Alternatives à l’utilisation des engrais et des pesticides en agriculture**

1. Alternatives à la mauvaise utilisation des engrais
2. Alternatives à la mauvaise utilisation des pesticides

2.1. Mesures phytosanitaires adaptées au milieu écologique

2.2. Techniques culturales préventives de protection des cultures

1. Alternatives biologiques et biotechniques de protection des cultures

3.1. Biopesticides

3.2. Engrais biologiques

3.3. Biotechnologie

1. Impacts positifs sur la santé
2. Stratégie de détermination des normes sanitaires

**Références**

* [Environnement et développement durable: enjeux et défis](http://books.google.fr/books?id=Tg62AAAAIAAJ&q=Environnement+et+d%C3%A9veloppement+durable&dq=Environnement+et+d%C3%A9veloppement+durable&hl=fr&sa=X&ei=nN4PUcGJLfCO4gSv9IGABg&ved=0CD0Q6AEwAQ) ; [Azzouz Kerdoun](http://www.google.fr/search?hl=fr&tbo=d&biw=1024&bih=537&tbm=bks&tbm=bks&q=inauthor:%22Azzouz+Kerdoun%22&sa=X&ei=nN4PUcGJLfCO4gSv9IGABg&ved=0CD8Q9AgwAQ) – 2000
* [Vers un développement durable. Indicateurs d'environnement](http://books.google.fr/books?id=628U8ms_aYEC&printsec=frontcover&dq=Environnement+et+d%C3%A9veloppement+durable&hl=fr&sa=X&ei=nN4PUcGJLfCO4gSv9IGABg&ved=0CE8Q6AEwBQ) ; 1998

[Dictionnaire de l'environnement et du développement durable](http://books.google.fr/books?id=6EXT5cBwG8gC&dq=Environnement+et+d%C3%A9veloppement+durable&hl=fr&sa=X&ei=nN4PUcGJLfCO4gSv9IGABg&ved=0CF8Q6AEwCA) ; [Olivier DELBARD](http://www.google.fr/search?hl=fr&tbo=d&biw=1024&bih=537&tbm=bks&tbm=bks&q=inauthor:%22Olivier+DELBARD%22&sa=X&ei=nN4PUcGJLfCO4gSv9IGABg&ved=0CGEQ9AgwCA) - 2011

**Généralité sur l’écotoxicologie et le développement durable**

**Ecotoxicologie :** c’estl'étude des polluants toxiques dans les [écosystèmes](http://www.universalis.fr/encyclopedie/ecosystemes/). Cette discipline scientifique est donc à l'interface entre l'[écologie](http://www.universalis.fr/encyclopedie/ecologie/) et la [toxicologie](http://www.universalis.fr/encyclopedie/toxicologie/). Son objectif est d'évaluer les modalités par lesquelles les polluants sont introduits et circulent dans les écosystèmes, depuis les milieux contaminés (air, eaux et sols) jusqu'aux communautés vivantes.

**Développement durable**

Le développement durable est une tentative de créer un modèle de développement qui intègre à la fois l'économie, le progrès social et la protection de l'environnement. Cet objectif est né de l'idée que la qualité environnementale et le bien-être économique et social sont intimement liés et que, par conséquent, ces trois dimensions ne peuvent pas être considérées séparément. Le développement durable devient ainsi plus qu'un simple outil de protection pour l'environnement: c'est un projet de créer un modèle de développement pouvant être soutenu à très long terme ou dans le meilleur des cas, indéfiniment.

**Chapitre1 : Environnement et pollution**

**1. Quelques définitions**

**1.1. Environnement**: La définition simplifiée du mot environnement correspond au cadre de vie, qu'il soit d'origine naturelle ou construit par l'homme. Il fournit de nombreuses ressources dont l'homme a besoin pour son existence et son bien-être, tout en étant simultanément une source de nuisance et d'inquiétude pour ce qui touche de près ou de loin à sa santé et à ses biens. Ceci concerne les pollutions d'origine diverses jusqu'aux cataclysmes climatiques.

**1.2. Pollution** : La pollution est la contamination de l'air, de l'eau ou du sol par des substances qui altèrent le fonctionnement naturel des écosystèmes, ainsi que la qualité de vie et la santé humaine. C’est la conséquence des progrès techniques de l’humanité et de la concentration des activités.

La pollution nuit à la terre à plusieurs niveaux allant de sa couche extérieure (atmosphère,…) jusqu'à ses profondeurs (nappes phréatiques,…).

**2. Les causes de la pollution**

Les trois causes principales de pollution sont :

- La production et la consommation des combustibles fossiles

- Les activités dues aux diverses industries chimiques

- Les activités agricoles (engrais et pesticide)

**3. Classification des différents types de pollution**

**3.1. La pollution atmosphérique**

**3.1.1. Définition de la pollution atmosphérique**

La pollution atmosphérique est la contamination de l’atmosphère par des constituants naturels ou anthropiques nocifs pour l’environnement et les êtres vivants.

Elle correspond à des gaz ou particules positionnés dans les basses couches de l’atmosphère (troposphère et stratosphère).

**3.1.2. Origine des polluants atmosphériques**

Les sources de la pollution atmosphérique sont de deux types. Il existe une pollution naturelle et une pollution anthropique.

**3.1.2.1. Les principaux polluants** **naturels**

L’émission dans l’atmosphère de polluants gazeux ou particulaires peut être d’origine naturelle (volcans, érosion des roches, remise en suspension de poussières du sol, feux de brousse, ...). Elle génère par exemple du soufre, du dioxyde d'azote, du dioxyde de carbone, ...

**3.1.2.2. Les principaux polluants anthropiques**

Le chauffage urbain : chauffage au bois et au charbon.

Les activités industrielles

La circulation automobile

Les activités agricoles (pesticides et d’herbicides). De plus, les végétaux dispersent dans l'air quantité de pollens.

**3.1.3. Nature des polluants**

**Le dioxyde de carbone (CO2)** : est majoritairement produit par la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel).

**Le dioxyde de soufre (SO2) et le dioxyde d’azote (NO2) :** Les industries principalement les usines métallurgiques et sidérurgiques, les incinérateurs municipaux, les raffineries de pétrole, les cimenteries et les usines d’acides nitrique et sulfurique

**L’ozone (O3)** : l’ozone (polluant secondaire) se forme à partir d’autres polluants dits primaires (les oxydes d’azote notamment), selon un processus photochimique.

**L’ammoniac (NH3) :** est émis lors de l’épandage du lisier sur les terres agricoles ou lors de la fabrication des engrais ammoniaqués.

**L’acide chlorhydrique (HCl) et le sulfure d’hydrogène (H2S) :** sont des polluants rencontrés dans les émissions des usines chimiques qui utilisent ces composés.

**3.1.4. Impact des polluants atmosphériques sur l’environnement et la santé**

Les effets de la pollution atmosphériques sont multiples dans le milieu urbain:

- Dégradation esthétique (fumée, dépôt de poussière, réduction de la visibilité).

- Effets microclimatiques (brouillard stagnant).

- Effet biologique (détérioration et destruction de la biodiversité).

- L’augmentation de la concentration des gazes a effet de serre

- Maladies mentales (stress, dépression..).

- Maladies respiratoires ; bronchites chroniques, crises d'asthme, infections pulmonaires

- Cancers, troubles du système nerveux, troubles digestifs …

**3.1.5. Les solutions pour lutter contre la pollution atmosphérique**

* L’utilisation des énergies renouvelables (Champ d'éoliennes, Panneaux solaires, barrage hydroélectrique)
* En minimise l’utilisation des voitures
* L’installation des dispositifs antipollution (filtre)

**3.2. La pollution de l’eau**

**3.2.1. Définition de la pollution de l’eau**

La pollution de l'eau est la contamination de l’eau par des corps étrangers tels que des micro-organismes, des produits chimiques, des déchets industriels ou autres.

Ces substances et corps étrangers dégradent la qualité de l’eau et la rendent impropre aux usages souhaités.

**3.2.2. Origine des polluants de l’eau**

Les principaux polluants de l’eau sont :

- les eaux usées domestiques et industrielles

- les engrais

- les produits chimiques, organiques, notamment les pesticides,

- Les produits ou déchets industriels ; le pétrole ; les minéraux et les composés chimiques ; les substances radioactives provenant des activités nucléaires, industrielles, et médicales.

**3.2.3. Nature des polluants**

- Les virus, parasites et bactériessont les trois types de microorganismes pathogènes rencontrés dans les eaux usées.

- Les éléments traces métalliques regroupant les métaux lourds (Cd, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, etc.) et d’autres composés inorganiques non biodégradables.

**3.2.4. Impact de la pollution de l’eau sur l’environnement et la santé**

- La contamination des cultures irriguées parorganismes pathogènes associés aux eaux usées.

- Les principales maladies virales associées à la contamination fécale des fruits et légumes sont la gastroentérite et l’hépatite A.

- Les infections alimentaires par les bactéries pathogènes **Ex :** le genre *Salmonella*, avec l’espèce *Typhimirium*, responsable de la fièvre typhoïde.

- Les métaux lourds et d’autres composés inorganiques non biodégradables s’accumulent dans le sol et dans les végétaux où ils peuvent dépasser les concentrations maximales admissibles pour l’alimentation humaine.

- Les métaux lourds deviennent toxiques, aussi bien pour la croissance végétale que pour la faune et la flore du sol, lorsque leur teneur dépasse un certain seuil.

**3.2.5. Les solutions pour lutter contre la pollution par les eaux usées**

* Le traitement des eaux usées dans les stations d’épurations

**3.3. La pollution du sol**

**3.3.1. Définition de la pollution du sol** :Un sol est dit pollué quand il contient un ou plusieurs polluant(s) ou contaminant(s) susceptibles de causer des altérations biologiques, physiques et chimiques de l’écosystème constitué par le sol.

**3.3.2. Les sources de la pollution :** Les sources de la pollution sont naturelles et anthropiques

**3.3.2.1. Sources naturelles :** sont le volcanisme, l’altération des roches mères, les pluies acides, les incendies de forêts, l’érosion.

**3.3.2.2. Les causes anthropiques**

**-Les sources agricoles :** correspondent aux impuretés présentes dans les produits phytosanitaires (comme le cuivre ou le plomb dans les pesticides), les lisiers (Cu, Zn, Cd) ou les engrais (Mn dans les scories potassiques, Cd dans les engrais phosphatés). La contamination provient d’apports directs gérés au niveau de la parcelle ou de son environnement proche par les eaux de ruissellement.

* **Les sources urbaines :** regroupent l’épandage des boues de station d’épuration, l’incinération de déchets domestiques (Cd) ou le trafic routier (apport de Zn, de Cd lors de la combustion des carburants)
* **Les sources industrielles :** émettent dans l’environnement tous les éléments métalliques par les activités métallurgiques telles que le traitement des minerais, l’exploitation minière, le raffinage, l’élaboration d’alliages ou d’acier mais aussi lors de processus industriels plus élaborés comme le recyclage du plomb des batteries ou l’élaboration de peintures. L’essentiel des émissions retombe sous forme de poussières dans un rayon proche du site industriel émetteur (3 à 5 km).
* **Pollution atmosphérique :** les polluants retombant sur le sol, dans un grand rayon.
* **Eaux usées:** l’utilisation de ces eaux dans l’irrigation des cultures provoque la pollution des sols.

**3.3.3. Les grands types de polluants**

**Polluant minéraux**: Azote (Nitrates), Phosphore (Phosphates), Métaux lourds….

**Polluants organiques :** Pesticides, Hydrocarbures aliphatiques, Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), Goudrons, Composés organiques volatils (COV).

**Polluants métalliques**: Plomb, Cadmium, Mercure, Nikel

**Autres types de polluants :** Acides, bases, substances chimiques à usage militaire, explosifs, les éléments radioactifs.

**3.3.4. Les conséquences de la pollution sur les sols**

Les effets de la pollution sur le sol sont assez alarmante et peut provoquer des perturbations considérables dans l’équilibre écologique et la santé des êtres vivants sur la terre.

* Diminution de la fertilité des sols et donc la diminution du rendement des sols.
* La perte de sol et les nutriments naturels présents dans celui-ci. Les plantes ne seraient pas aussi prospérer dans un tel sol, qui ne ferait que conduire à l’érosion des sols.
* Perturbation de l’équilibre de la flore et de la faune vivant dans le sol.
* Augmentation de la salinité du sol, ce qui permet donc impropre à la végétation, ce qui rend inutile et stérile.
* En règle générale les cultures ne peuvent pas se développer et s’épanouir dans le sol pollué. Pourtant, si certaines cultures parviennent à croître, ils seraient toxiques suffisante pour causer des problèmes de santé graves chez les personnes qui les consomment.

**3.3.5. Les solutions pour lutter contre la pollution**

**-** L’utilisation desméthodes de dépollution des sols (Dépollution par remplacement, lavage de sol…..)

-Dépollution biologique par l’utilisation de bactéries (ex : [*Moraxella*](http://fr.wikipedia.org/wiki/Moraxella), [*Bacillus*](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bacillus), [*Comamonas*](http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Comamonas&action=edit&redlink=1)) qui ont le pouvoir de dégrader des molécules complexes et d'en tirer ainsi l'énergie dont elles ont besoin pour vivre. Et avec l'utilisation de certaines souches de [champignons](http://fr.wikipedia.org/wiki/Champignon) ayant la particularité d'attaquer les polluants par des enzymes extracellulaires.

- De nombreuses plantes sont capables de fixer dans leurs cellules les métaux lourds, radionucléides, composés organiques polluant; certaines plantes produisent des [enzymes](http://fr.wikipedia.org/wiki/Enzyme) qui dégradent ces polluants en des produits moins toxiques ou non-toxiques.

**3.4. La pollution par les pesticides**

**3.4.1. Définition :** Les [pesticides](javascript:openWindow('../../glossaire/devellop.html#pesticide','Petite',500,200)) (insecticides, raticides, fongicides, et herbicides) sont des composés chimiques dotés de propriétés toxicologiques, utilisés par les agriculteurs pour lutter contre les animaux (insectes, rongeurs) ou les plantes (champignons, mauvaises herbes) jugés nuisibles aux plantations.

**3.4.2. Les différents types de pesticides**

Les pesticides sont classés en familles, selon leur cible, qu'ils visent. Il existe 3 grandes familles de pesticides :

* **Les fongicides** : destinés à éliminer les moisissures et parasites fongiques des plantes (champignon)
* **Les insecticides** : destinés à la lutte contre les insectes. Ils interviennent en les tuant ou en empêchant leur reproduction.
* **Les herbicides** : destinés à lutter contre certains végétaux entrant en concurrence avec les plantes cultivées.

**3.4.3. Composition des** [**pesticides**](javascript:openWindow('../../glossaire/devellop.html#pesticide','Petite',500,200))**:** Un pesticide est composé d'un ensemble de molécules comprenant :

**-** Une ou plusieurs matières actives à laquelle est dû, l'effet toxique.

**-** Un diluant qui est une matière solide ou un liquide (solvant) incorporé à une préparation et destiné à en abaisser la concentration en matière active. Ce sont le plus souvent des huiles végétales dans le cas des liquides, de l'argile ou du talc dans le cas des solides.

**-** Des adjuvants qui sont des substances dépourvues d'activité biologique, mais susceptibles de modifier les qualités du pesticide et d'en faciliter l'utilisation.

**3.4.4. Devenir des pesticides après application**

Malheureusement, tous les pesticides épandus ne remplissent pas leur emploi. Une grande partie d’entre eux est dispersée dans l’atmosphère, soit lors de leur application, soit par évaporation ou par envol à partir des plantes ou des sols sur lesquels ils ont été répandus. Dispersés par le vent et parfois loin de leur lieu d’épandage, ils retombent avec les pluies directement sur les plans d’eau et sur les sols d’où ils sont ensuite drainés jusque dans les milieux aquatiques par les eaux de pluie (ruissellement et infiltration).

L’évolution des pesticides dans l’environnement dépend de leurs propriétés physico-chimiques (ex : solubilité), ainsi que des caractéristiques pédo-climatiques et topographiques du terroir (structure, texture du sol, MO, biodiversité, microorganismes…).

Outre les phénomènes de dérive lors de l’application, les molécules peuvent se volatiliser entraînant ainsi une pollution atmosphérique. Toutefois, ces molécules peuvent également être entraînées par l’eau de pluie et être alors à l’origine d’une pollution des eaux de surface mais également des eaux d’infiltration et du sol.

Le transfert des pesticides vers les eaux souterrainesconcerne les molécules en solution et celles mobilisées par la désorption et la dissolution. Ce transfert correspond au passage des produits phytosanitaires de la zone non saturée comprenant les couches superficielles du sol vers la zone saturée ou aquifère.



**Figure 01** : Les mécanismes de transport des pesticides dans l’environnement

**3.4.5. Les effets néfastes des pesticides**

Ils constituent une menace pour la santé des humains, que ce soit par exposition directe ou par l’intermédiaire des résidus retrouvés sur les aliments et dans l’eau.

* Ils rendent les insectes et les mauvaises herbes génétiquement résistantes aux pesticides il faut alors augmenter les doses et la toxicité des produits.
* Ils détruisent les organismes bénéfiques tels les vers de terre les abeilles et les prédateurs naturels des parasites.
* Ils nuisent la faune, causant des déséquilibres hormonaux et des anomalies congénitales.
* Ils contaminent les eaux souterraines, notamment les puits, ruisseaux et plans d’eau
* Certains pesticides s’accumulent dans la chaine alimentaire

**3.4.6. Les solutions pour minimiser la pollution par les pesticides**

* Le retour à l’agriculture biologique
* Utilisation rationnelle et sécurisé des pesticides
* Utilisation des ennemis naturels des ravageurs, telle que la coccinelle contre le puceron.
* La lutte mécanique, qui concerne les adventices (travail du sol, fauche, utilisation de paillis, désherbage manuel ou mécanique) et les insectes (barrières physiques contre leur entrée telles que filets, pellicule plastique...).
* Les rotations faisant alterner des cultures à cycles différents et/ou de familles botaniques différentes pour éviter l'installation des adventices dont le cycle de développement est calé sur celui de la culture, et rompre le cycle des ravageurs et maladies.

**3.5. La pollution par les engrais chimiques**

**3.5.1. Définition**: Les **engrais chimiques** sont utilisés dans le cadre d'une [agriculture intensive](http://www.vedura.fr/economie/agriculture/agriculture-intensive) afin d'augmenter la croissance et le rendement des cultures.

Il existe trois grandes familles d'engrais chimiques :

* **Les engrais azotés** : l'azote est un élément très important pour la croissance des végétaux. Il est présent naturellement dans l'atmosphère, mais les engrais chimiques en apportent de bien plus grandes quantités.
* **Les** **engrais potassiques** : la potasse est naturellement présente dans les terres, certains sols étant plus riches que d'autres. Quelques végétaux sont particulièrement avides de potasse, tels que les pommes de terre, les betteraves, ou encore la vigne.
* **Les** **engrais phosphatés** : ils apportent à la terre du phosphore, de l'aluminium, de l'azote et du calcium.

**3.5.2. Les effets des engrais chimiques sur le sol et les cours d’eaux**

Les engrais chimiques permettent d'obtenir un plus grand rendement agricole, mais sont responsables d'une [pollution massive des sols](http://www.vedura.fr/environnement/sol/pollutions-sols) et de l'eau. Les [nitrates](http://www.vedura.fr/environnement/pollution-nitrate) et **phosphates**notamment, présents dans les engrais chimiques, atteignent les cours d'eau et nappes phréatiques par infiltration.

**Les phosphates** provoquent [l'eutrophisation de l'eau](http://www.vedura.fr/environnement/pollution/eau-eutrophisation-ecosystemes-aquatiques), c'est-à-dire un excès de nutriment, se traduisant par une croissance excessive des algues et une diminution de l'oxygène, ce qui modifie massivement l'écosystème en place, [détruisant la biodiversité](http://www.vedura.fr/environnement/biodiversite/destruction-biodiversite) et favorisant la croissance d'espèces nuisibles.

**Les engrais azotés** riches en nitrates très solubles dans l’eau sont la cause majeure de la pollution des réserves d'[eau potable](http://www.vedura.fr/environnement/eau/eau-potable) de la planète. L'eau nécessite des traitements pour être consommée, et cette pollution est responsable du problème majeur d'[accès à l'eau potable](http://www.vedura.fr/environnement/eau/eau-potable).

**3.5.3. La lutte contre la pollution par les engrais**

La solution de lutte contre les [pollutions](http://www.vedura.fr/environnement/sol/pollutions-sols)générées par les engrais chimiques est le développement de [l'agriculture biologique](http://www.vedura.fr/economie/agriculture/agriculture-biologique) au détriment de l'agriculture intensive.  
Dans une perspective de [développement durable](http://www.vedura.fr/), il s'agit de trouver le juste équilibre d'[une agriculture raisonnée](http://www.vedura.fr/economie/agriculture/agriculture-raisonnee) : utilisation restrictive d'engrais chimiques, en appliquant notamment le bon dosage, et développement de l'[agriculture biologique](http://www.vedura.fr/economie/agriculture/agriculture-biologique), autant que possible.

**3.6. Autres types de pollution**

**3.6.1. La pollution sonore**

La pollution par le bruit est un important problème d'environnement, notamment lorsque les niveaux sonores dépassent certaines valeurs pouvant provoquer des dommages physiques.

**3.6.1.1. Origine de la pollution sonore**

Les principales sources de pollution sonore sont :

- La circulation automobile, les vibrations qui sont occasionnées par les moyens de transport lourds, ferroviaire et aérienne.

-Les usines, garages, ateliers,

- Chantiers de construction.

**3.6.1.2. Effet sur la santé humaine et l’environnement**

* Déplaisant, fatigant, perturbateur, douloureux...
* Des fissures sur les bâtiments dans la structure.

**3.6.1.3. Quelques solutions**

* Murs antibruit sur les autoroutes ou encore des isolants acoustiques, etc.

**3.6.2. La pollution visuelle**

La pollution visuelle est cette sensation désagréable qu’on a à voir des paysages dégradés, qu’ils soient naturels ou bâtis. C’est un phénomène du essentiellement à la mauvaise gestion de la ville.

**3.6.2.1. Les types de pollution visuelle**

**Les déchets :** sont toutes les évacuations de matières solides ou semi solides, résultantdes activités humaines et animales qui sont inutiles, indésirables ou dangereuses. Lesdéchets solides classiques peuvent être classés comme suit :

• ordures ménagères : déchets dégradables de l’alimentation ;

• détritus : combustibles (comme le papier, le bois et le tissu) ou non combustibles (comme le métal, le verre et la céramique) ;

• cendres : résidus de la combustion de combustibles solides

• déchets volumineux : débris de démolition de construction et arbres

• cadavres d’animaux ;

• solides issus des effluents : matière retenue sur des filtres de clarification des effluents, solides tassés et boue;

• déchets industriels : matières telles que les produits chimiques, les peintures et le sable

• déchets miniers : accumulation de résidus et tas de charbon de rebut ;

• déchets agricoles : fumier d’animaux de ferme et résidus de récolte.

**Les bidonvilles**

Les bidonvilles sont une forme d'habitat précaire, dépourvu des équipements élémentaires (eau, électricité), et dont la construction est réalisée initialement avec des matériaux de récupération.

L'exode rural amène dans les villes une population pauvre, dont les pouvoirs publics sont dans l'impossibilité d'assurer l'accueil et le logement. Ces néocitadins occupent illégalement des terrains souvent inconstructibles (en raison de la pente ou des problèmes d'eau) selon les normes habituelles.

|  |
| --- |
|  |

**Chapitre II : Alternatives à l’utilisation des engrais et des pesticides en agriculture**

**1. Alternatives à la mauvaise utilisation des produits phytosanitaires**

La protection des cultures contre les bio-agresseurs « ennemis des cultures » est une composante principale dans la gestion des cultures. En effet, la lutte chimique exerce une pression sur l’environnement et présente ses limites d’applications avec ;

- L’apparition de la résistance des bioagresseurs,

- La pollution et des effets nocifs fortement soupçonnés sur la santé humaine.

Il est donc devenu nécessaire de réduire l’utilisation des pesticides en adoptant un ensemble de mesures alternatives pour limiter le recours aux molécules chimiques.

**1.1. Diversification des cultures (rotation et assolement)**

La rotation des cultures,  l’assolement ou  l’association des plantes cultivées permet de réduire l'utilisation des pesticides et d’augmenter les capacités de résistance aux parasites. Cette rotation permet de stopper le cycle de développement des insectes.

L’association empêche au maximum le contact des parasites avec les cultures auxquelles ils s’attaquent, évite l’apparition de mauvaises herbes.

**1.2. Aménagement de surfaces écologiques de compensation**

Les bordures de champs, haies, clôtures, bandes enherbées limitent la taille des parcelles. Suivant les milieux et les systèmes de production, la surface d’une parcelle devrait se situer entre 5 et 15 ha.

Les zones tampons, empêchent la prolifération des mauvaises herbes et permettent de protéger la diversité biologique.

**1.3. Le choix de la variété**

La variété doit être adaptée au milieu pédo-climatique et, il faut privilégier une variété résistante à un bio-agresseur.

**1.4. Le choix de la date de semis**

Le choix de la date de semis, a des conséquences en matière de développement parasitaire, de maladies et d’adventices. Par exemple, l'agriculteur peut décaler la date de semis pour que la culture soit à un stade moins sensible de son développement lorsque le bio-agresseur attaque. En effet, l’agresseur étant saisonnier, il attaque toujours à la même période.

**1.5. La densité de semis**

Il faut réduire la densité des plantations, car une culture trop dense crée un microclimat humide, propice au développement des maladies.

**1.6. Le faux semis**

Le faux semis consiste à préparer un [lit de semence](https://fr.wikipedia.org/wiki/Lit_de_semence) par un [travail superficiel du sol](https://fr.wikipedia.org/wiki/Travail_du_sol), comme pour un semis, ce qui favorise la [germination](https://fr.wikipedia.org/wiki/Germination) des [graines](https://fr.wikipedia.org/wiki/Graine) présentes dans la couche superficielle du sol. Ce travail se réalise soit directement après la [récolte](https://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9colte), soit après un [labour](https://fr.wikipedia.org/wiki/Labour).

La deuxième phase consiste, dès que les graines de mauvaises herbes ont germé, à détruire les [plantules](https://fr.wikipedia.org/wiki/Plantule), par les méthodes de désherbage, avant de réaliser le semis ou la plantation définitive. Le faux semis peut être répété plusieurs fois avant le semis si nécessaire et si les conditions le permettent.

La réalisation d'un faux semis permet :

* de lutter contre les [ravageurs](https://fr.wikipedia.org/wiki/Ravageurs) et les maladies. En effet, cette technique contribue à la destruction des abris et des œufs des ravageurs ;
* de lutter contre les adventices grâce à une forte diminution du nombre potentiel d'adventices germées ;

**1.7. Le broyage et l’enfouissement des résidus**

La technique du broyage et de l’enfouissement des résidus consiste à détruire certains ravageurs et à limiter les contaminations de certaines maladies. Un broyage fin des résidus de récolte, un mélange à la terre, puis un enfouissement, sont recommandés dans la lutte contre certains bioagresseurs.

**1.8. Les barrières physiques** : filets verticaux, films plastiques étanches aux insectes, bandes pièges, poudres inertes à base de silice à propriétés abrasives et desséchantes.

**1.9. La solarisation** : cette technique consiste à utiliser l’énergie solaire pour chauffer les sols et détruire ou affaiblir les agents pathogènes et stimuler les organismes antagonistes.

**1.10. Le désherbage mécanique :** Le binage, sarclage permettent de détruire les mauvaises herbes en les coupant à faible profondeur. Le hersage permet de lutter contre les mauvaises herbes jeunes, tout en aérant le sol en surface avec des dégâts limités à la culture. Le buttage permet d’étouffer les adventices dans la ligne.

**1.11. Le désherbage thermique :** Le désherbage thermique a flamme directe consiste à chauffer les parties aériennes de la plante jusqu’à l’éclatement des cellules végétales. Il n’est pas nécessaire d’attendre que la plante brûle pour obtenir un résultat.

La partie souterraine n’étant pas atteinte, il est nécessaire de réaliser plusieurs passages qui à la longue épuiseront la plante.

Le désherbage thermique s’applique à tous les types de sol dur : béton, pavés, rigoles, …

pour les endroits difficilement accessibles (pieds de mur, bordures,…).

**1.12. L’eau chaude**

Le versement de l’eau chaude sur une plante, va provoquer un choc thermique et faire éclater les cellules de la plante et conduire à sa destruction. Cette méthode n’est toutefois efficace que sur des jeunes plantes (4 à 5 feuilles).

**1.13. Les biopesticides**

Un biopesticide est défini comme un produit de protection des plantes d’origine biologique qui peut être un organisme vivant ou une substance d’origine naturelle.

Les produits dits « naturels » et surtout les extraits de plante, ils présentent l’avantage d’être biodégradables.

Les biopesticides désignent quelques groupes de substances :

- **Les pesticides biochimiques :** issus de substances d’origine naturelle. On peut citer parmi les plus connus : la nicotine, la roténone, les pyrèthres, les huiles végétales, les extraits de neem...

- **Les biopesticides microbiens :** constitués de micro-organismes (bactérie, champignons, virus).

**Ex** : des [champignons entomopathogènes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Champignon_entomopathog%C3%A8ne) ( *[Beauveria bassiana](https://fr.wikipedia.org/wiki/Beauveria_bassiana" \o "Beauveria bassiana)*, *[Lecanicillium](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Lecanicillium&action=edit&redlink=1" \o "Lecanicillium (page inexistante))* spp.,

[*Metarhizium*](https://fr.wikipedia.org/wiki/Metarhizium) spp. etc.),

**Ex**: des [virus](https://fr.wikipedia.org/wiki/Virus) entomopathogènes (le [virus de la granulose du carpocapse](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Virus_de_la_granulose_du_carpocapse&action=edit&redlink=1)),

Ex : bactéries (*La bactérie entomopathogène* Bacillus thuringiensis)

**1.14. Les herbicides biologiques**

Ces produits à base d’acides gras végétaux, non toxiques pour la faune ont une action de contact : ils décomposent la membrane cellulaire des feuilles et il s’en suit un dessèchement des parties aériennes de la plante. Le système racinaire n’étant pas atteint, il peut y avoir une reprise de végétation ; c’est pourquoi, il est parfois nécessaire de réaliser plusieurs traitements afin d’épuiser les plantes. Il est recommandé de réaliser les traitements sur de jeunes plantes car la pénétration cellulaire est plus élevée et le traitement nécessite moins de produits.

Ce produit peut être appliqué au pied des arbres et arbustes, pour autant qu’ils ne soient pas trop jeunes et que leur bois soit bien lignifié.

**1.15. Les paillages biodégradables**

La technique du paillage ou mulch consiste à placer un matériau sur le sol pour éviter la levée des mauvaises herbes. Les matériaux utilisés sont divers : écorces de pin, cosses de cacao (قرون الكاكاو), paillettes de lin (lin = نبتة الكتان), granulés de froment,...

Le paillage permet de garder une certaine humidité au pied des plantations et donc de diminuer les arrosages durant les périodes sèches. De plus, le paillage, en se décomposant, représente un apport en matière organique non négligeable.

Quelques précautions d’emploi s’imposent cependant pour un meilleur résultat :

- Quel que soit le matériau employé, il faut s’assurer de l’absence de graines ou de champignons pathogènes.

- On considère qu’il faut une couche d’environ 5 cm pour une efficacité optimum pendant 2 ans.

- Il convient d’étaler de manière homogène le paillis afin d’éviter des zones de découvrement du sol. Certains paillages contiennent des liants d’origine naturelle qui évitent ces problèmes.

**1.16. Méthodes biotechniques de protection des cultures**

On regroupe sous ce terme un ensemble de procédés qui mettent en œuvre des stimuli de nature physique ou chimique modifiant le comportement des ravageurs dans un sens bénéfique pour la culture.

Ces moyens comprennent, entre autres, l'utilisation d'attractifs, de phéromones d'insectes ...

**Attractifs d'insectes :** Plusieurs groupes d'insectes nuisibles sont attirés soit par des surfaces colorées, soit par desodeurs de substances chimiques. Les pièges chromatiques - ou colorés - sont formés de bacs, panneaux, écrans ou plaquettes enduits de glu.

De couleur jaune, sont utilisés pour capturer divers ravageurs : Mouche de la carotte, Mouche de la cerise, Mouche mineuse et Aleurode des serres…..

Les substances chimiques attractives peuvent, selon leur nature, être employées dans divers dispositifs de piégeage: ce sont les pièges dits "alimentaires", utilisés pour plusieurs lépidoptères nuisibles dans les cultures fruitières, et les pièges dits "secs" qui attirent sélectivement une seule espèce, par exemple le trimediure qui capture seulement les individus mâles de la Mouche méditerranéenne des fruits.

**Phéromones d’insectes**

**2. Alternative a l’utilisation des engrais minéraux**

**2.1. La rotation des cultures**

Les rotations longues limitent aussi les besoins en fertilisation dans la mesure où les différentes cultures sont capables de recycler, et/ou d’extraire différemment les éléments nutritifs présents dans le sol.

Les principes de construction de la rotation :

-Introduire le maximum de familles et d’espèces différentes dans la rotation.

-Introduire au moins une légumineuse dans la rotation. Et les faire suivre par des cultures d’hiver exigeantes en azote.

-Avoir au moins un tiers de céréales à paille.

-Alterner les cultures exigeantes en PK avec des cultures peu exigeantes en ces éléments.

**Les engrais verts**: Les engrais verts  ont la faculté de stocker des éléments nutritifs présents dans l'air ou le sol (trèfle, pois fourrager, féverole, seigle, avoine, ray-grass d'Italie, moutarde, colza) une fois que les plantations ont poussé et un peu avant la floraison, les engrais verts sont coupés, broyés et enfouis à faible profondeur.

**Engrais et amendement organique**

Une multitude d'engrais organiques :

-Le fumier de cheval ou de volaille

-Les résidus de culture (fanes de carottes et pomme de terre, tontes de gazon,...)

-Les cendres de bois.

-Les résidus de culture (fanes de carottes et pomme de terre, tontes de gazon,...)

- Le composte

**Les paillis**

Le paillage consiste à  recouvrir le sol avec divers matériaux. Avant d'installer un paillis il faut désherber et arroser. Son épaisseur doit être de 5 à 10 cm maximum selon les matériaux. Pour le réaliser on peut utiliser de la paille, des tontes de gazon et végétaux broyés (doivent être séchés avant d'être étalés), des écorces de pin (acidifient le sol), des paillettes de lin, des coquilles de fèves de cacao, du mulch (mélange de fibres et d'écorces), des fibres de coco ou de bois, de la tourbe, des copeaux de bois ou de la sciure, des journaux ou du carton.

Cependant, le paillis présente un désavantage : le paillis peut parfois servir de refuge aux limaces et  aux insectes.