

Chapitre I:
Généralité sur la
Pollution des eaux.

1.1. Introduction :

Généralement, il est bien admis que l'eau dans la nature est rarement pure car différents éléments peuvent altérer sa constitution de base par diffusion, dissolution ou par un simple mélange. La composition de l'eau dépend de l'environnement dans lequel elle se trouve sous forme d'un processus d'écoulement ou d'un stockage. Ainsi, une eau est identifiée par ses propres caractéristiques physico-chimiques telles que la dureté, la salinité et le pH. Les éléments qui se mélangent à l'eau lui confèrent un chimisme particulier traduisant certaines propriétés ou spécificités intrinsèques au trajet suivi par l'eau. L'eau traverse des couches de terrains perméables, ce qui entraîne une augmentation de la minéralisation par lessivage des roches, notamment ceux à nappes libres. Cette situation donne lieu à des atteintes graves à la qualité de l'eau par contamination verticale (Chaoui, 2007).

Les eaux souterraines, constituent une ressource de qualité généralement meilleure par rapport à celle des eaux de surface. La vulnérabilité des systèmes aquifères situés à proximité des centres urbains, est matérialisée par une contamination par des affluents qui se jettent dans les cours d'eau. Comme il y'a une relation entre les eaux de surface et les eaux souterraines, la pollution est systématiquement étendue vers les eaux souterraines et superficielles par drainage ou infiltration.

1.2. Ressources en Eau :

1.2.1. Définition :

L'eau est un corps, incolore, inodore, et insipide de formule H_2O . C'est la seule molécule présente sur terre sous trois états : solide, liquide et gazeux. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques. L'eau est un solvant efficace pour beaucoup de corps solides c'est pour cette raison qu'elle est souvent désignée de « solvant universel ». L'eau que l'on trouve sur terre est rarement pure. Les chimistes utilisent de l'eau distillée pour leurs solutions, mais cette eau n'étant pure qu'à 99 %, il s'agit techniquement d'une solution aqueuse (Birech et Messaoudi, 2006).

1.2.2. Cycle de l'eau :

L'eau existe sur terre depuis plusieurs milliards d'années et depuis la quantité d'eau totale sur la terre n'a pas varié. L'eau ne se crée pas, ne se perd pas

mais se transforme au cours de ce qu'on appelle le cycle de l'eau. La fréquence, l'intensité et l'endroit géographique où tombent les précipitations sont les seuls paramètres variables. Les ressources en eau sont stockées en proportions variables à différents endroits de la planète :

Tableau N°01 : stock total d'eau sur terre (météo France, 2013).

Stock totaux d'eau sur terre : 1,4 milliard de Km³		
stockage	pourcentage	Temps approximatif résidence
Océans	97,4%	Jusqu'à 4000 ans
Glaces	1,98%	Des milliers d'années
Eaux souterraines	0,59%	1500 ans
Mers, lacs, rivières	0,015%	Des centaines d'années
Humidité de sol	0,005%	2 semaines à l'an
Eau de cellules vivantes	0,001%	Quelque heure à 1 semaine
Humidité de l'air	0,001%	8 jours

Ces changements d'états dépendent essentiellement de la température et de la pression mais aussi des composés chimiques. Le cycle de l'eau (Figure N°01) décompose le phénomène complexe de ces transformations successives d'eau en différents états. Les trois phases principales du cycle peuvent être résumées ainsi : évaporation, précipitation, écoulements souterrains et ruissellement. Leur élément moteur est l'énergie solaire. En fonction des caractéristiques géologiques du sous-sol, les eaux souterraines peuvent connaître de longues périodes d'emmagasinement de l'ordre du millénaire (Beniston, 2009).



Figure N°01 : Cycle de l'eau (D'après CIE, 2013).

1.2.2.1. Les eaux de pluie :

Les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, magnésium, manganèse, fer, iode (Bouguetit et Benhamida, 2015).

1.2.2.2. Les eaux superficielles :

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (Dussart, 1992 ; Bontoux, 1993).

Cette ressource est facilement accessible mais malheureusement fragile et vulnérable à la pollution ce qui la rendant souvent impropre à l'utilisation en l'absence d'un traitement préalable. La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par l'eau durant son parcours dans l'ensemble des bassins versants. Au cours de son cheminement, l'eau dissout les différents éléments constitutifs des terrains. Par échange à la surface eau-atmosphère, l'eau va se charger en gaz dissous (Dussart, 1992 ; Bontoux, 1993).

1.2.2.3. Les eaux souterraines :

Il s'agit dans ce cas de nappes plus au moins profondes formées par l'accumulation des infiltrations dans le sol à travers le temps conditionnées par la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles sont donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface. Selon la roche-magasin et selon la nature du réservoir, on distingue plusieurs types de nappes (Mebarki, 1982).

1.2.2.3.1. Nappes phréatiques :

Ces nappes sont dites libres parce que la surface supérieure de l'eau fluctue sans contrainte. Il n'y a pas de toit du réservoir et la pluie peut les alimenter par toute la surface. Certaines nappes libres sont constituées par des plateaux calcaires

où les vides sont surtout des fissures élargies par la dissolution, parfois jusqu'à la taille de gouffres et de cavernes. Ils peuvent donner lieu à de grosses sources (Fontaine de Vaucluse Dans les régions méditerranéennes, beaucoup de ces sources tarissent en fin d'été) (Bouguetit et Benhamida, 2015).

1.2.2.3.2. Nappes captives :

Elles sont constituées à peu près des mêmes types de roche, mais sont recouvertes par une autre couche géologique imperméable qui confine l'eau. Celle-ci est alors sous pression et peut jaillir dans des forages dits artésiens. L'alimentation ne peut se faire que par des zones d'affleurement limitées ou des communications souterraines. Dans les déserts, ces nappes sont fossiles. Elles ne reçoivent plus d'alimentation et sont alors des mines d'eau épuisables non renouvelées. Les nappes captives sont souvent profondes, voire très profondes (1000 m et plus). On peut alors les exploiter pour la géothermie. (Bouguetit et Benhamida, 2015).

1.2.3. Usage de l'eau :

L'eau est une substance indispensable à la pérennité de tous les êtres vivants ayant besoin de leur ration quotidienne d'eau.

L'eau est également une ressource essentielle au développement des sociétés humaines qui se sont implantées au bord des cours d'eau. Grâce à ses propriétés exceptionnelles, l'eau est en effet nécessaire à toutes les activités humaines. Ses usages se sont d'ailleurs intensifiés et les volumes d'eau utilisés par l'homme ont décuplé depuis le début du XXe siècle (Defrance, 1996).

1.2.4. Ressources hydrauliques en Algérie :

Le territoire algérien couvre une superficie de près de 2.4 million de Km², mais 90% de cette étendue correspondent à un désert où les précipitations sont quasi-nulles. Dans cette partie de territoire, les ressources en eau superficielles sont très faibles et limitées essentiellement à la partie du flanc septentrional de l'Atlas, les ressources souterraines y sont par contre abondantes mais sont très faiblement renouvelables (nappe de sahara septentrionale). Le potentiel des ressources en eau renouvelables est localisé dans le Nord de l'Algérie qui englobe les bassins tributaires de la Méditerranée et les bassins fermés des Hauts Plateaux (Loucif, 2003).

Tableau N°02 : Répartition des ressources en eau en Algérie

	Ressources			
	Superficielles	Souterraines	Totales	
 milliard m ³ %			
Nord	12,0	1,9	13,9	82
Sud	1,5	1,4	2,9	18
Total	13,5	3,3	16,8	100
%	(80)	(20)	(100)	(100)

	Millions m ³	%
Barrages de régulation	932	24
Lacs collinaires	28	01
Puits et forages	2044	51
Source, prise au fil de l'eau	950	24
	3954	100

Source : (Loucif, 2003)

Selon les estimations de l'Agence nationale des ressources en eau, les volumes d'eau utilisés s'élèvent à environ 4 milliards de m³, soit près du quart du potentiel. La répartition de ces volumes, selon l'origine de la ressource se présente comme suit :

L'utilisation des eaux se répartit à raison de 53% pour l'agriculture (2.1 de milliard de m³), 34.2% pour AEP (1.3 milliard de m³) et 10.5% pour l'industrie (0.4 milliard de m³).

Tableau N°03 : Répartition spatiale des eaux souterraines du Nord du Pays.

Bassin hydrographique	Oranie Chott Chergui	CHEliff Zahrez	Algéroise Souman Hodna	Constantinois Seybous Mellègue	Totale
Ressources pot. (Hm ³ /an)	375	231	745	28,9	1894
Pourcentage (%)	19,7	12,2	39,2	28,9	100

Source : rapport CNES 2000

Tableau N°04 : Répartition spatiale des eaux de surface.

Bassin hydrographique	Oranie Chott Chergui	CHEliff Zahrez	Algéroise Souman Hodna	Constantinois Seybous Mellègue	sud	Totale
Ressources pot. (Hm ³ /an)	1 025	1 840	4 380	4 500	600	12 345
Pourcentage (%)	8,7	15,7	37,3	38,3	0,48	100

Source : rapport CNES 2000

1.3. L'irrigation en Algérie :

L'irrigation consiste une fourniture artificielle et répartition systématique d'eau sur des terres agricoles. Elle vise à pallier le manque ou l'insuffisance d'eau de pluie, particulièrement : L'irrigation permet d'améliorer le rendement des terres agricoles, mais implique l'utilisation de grandes quantités d'eau. Il est important de savoir que l'agriculture est de loin le plus grand consommateur d'eau (devant l'industrie et les services), puisque 69 pour cent des prélèvements mondiaux lui sont imputables (louzane, 2016).

1.3.1. Superficie Irriguée :

La superficie agricole irriguée à l'échelle nationale est passée de 350.000 hectares en 1999 à près de 1,3 million d'hectares en 2017, a indiqué le directeur de la régulation et du développement de la production agricole auprès du ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche

Les surfaces irriguées représentent actuellement plus de 15 % de la surface agricole utile (SAU) à l'échelle nationale.

1.3.2. Caractéristiques des eaux d'irrigation :

L'agriculture représente le plus gros consommateur des ressources en eau. Ces ressources, suivant les régions dont elles proviennent, et leur contact éventuel avec des sources de pollution ont des caractéristiques très diversifiées. De plus, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies, les agriculteurs, notamment dans les régions continentales, s'intéressent à l'utilisation des eaux usées (Bouaroudj, 2011).

Une eau conforme à l'irrigation est une eau dont les caractéristiques respectent les valeurs limites imposées par des textes de lois et inscrites dans des tableaux de normes. L'exemple du, tableau 4 donne les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation (Maynard et Hochmuth, 1997).

Tableau N°05 : Les normes de qualité des eaux d'irrigation.

Type de problèmes	Sévérité du problème		
	Aucune	légère	élevée
-Salinité -Conductivité (dS/m) -Matières dissoutes totales (mg/litre)	< 0,75 < 700	0,75-3,0 700-2000	> 3 > 2000
-RAS (Ration d'Absorption du Sodium)	< 3	3-9 >	> 9
-Alcalinité ou dureté (équivalent en CaCO ₃)	80-120		>200
-pH (risque de colmatage)	< 7	7-8	>8
-Fe mg/l (risque de Colmatage)	<0.2	0.2-1.5	>1.5
-Manganèse mg/L (risque de colmatage)	<0.1	0.1-1.5	>1.5

Source : Maynard et Hochmuth, 1997

Les normes varient selon les pays, mais dans la majorité des pays on fait référence, à quelques exceptions près, aux cinq critères de qualité sus cités (Bouaroudj, 2011). Les normes ont pour objectif de :

- ✓ Protégé le public et les ouvriers agricole ;
- ✓ Protégé les consommateurs des produits agricoles ;
- ✓ Protégé les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols ;
- ✓ Protégé le matériel d irrigation ;
- ✓ Maintenir des rendements acceptables.

1.3.3. Qualité des eaux souterraines :

Étant donné que les eaux souterraines sont généralement pures sur le plan bactériologique (UNICEF, 1999) elles constituent une meilleure solution que les eaux de surface en termes de génie sanitaire (Fiambsch, 1998). Dans la réalité, la qualité naturelle de l'eau souterraine ne concerne pas seulement les aspects sanitaires et techniques de l'eau potable. Il faut se souvenir en particulier que l'eau des nappes alimente les rivières et que, par conséquent, certaines propriétés chimiques et microbiologiques des eaux souterraines peuvent avoir des incidences sur la vie aquatique (Collin, 2004). Donc les qualités requises sont d'ordre bactériologique et physico-chimique.

1.4. Pollution des eaux :

1.4.1. Définition :

Le terme pollution peut être défini comme suit : « c'est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaines, au travers des effets directs ou indirects des niveaux de radiation, de la constitution physico- chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autre produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives des milieux ou encore en enlaidissant la nature (Koller, 2004).

1.4.2. Sources de pollution :

On distingue deux sources de pollutions à savoir :

1.4.2.1. Pollution ponctuelle :

Elle est formée de rejets localisés, plus ou moins abondants relativement faciles à identifier. Chronique ou accidentelle, cette pollution est provoquée par des déversements domestiques, urbains, ou industriels peu ou non traités (Bencheikh et Benhamida, 2015 ; Birech et Messaoudi, 2006).

1.4.2.1.1. Pollution urbaine :

Les eaux usées urbaines transportent des corps en suspension et en solution comme les produits ménagers. Les stations d'épuration ne traitent que 65% des eaux usées et ne traitent généralement pas les composés chimiques en solution (Figure N°02).

Certains composés organiques notamment les phosphates sont à l'origine de déséquilibres des écosystèmes en favorisant par excès le développement de certains végétaux indésirables qui consomment de l'oxygène du milieu jusqu'à priver les animaux qui s'y trouvent (Birech et Messaoudi, 2006).

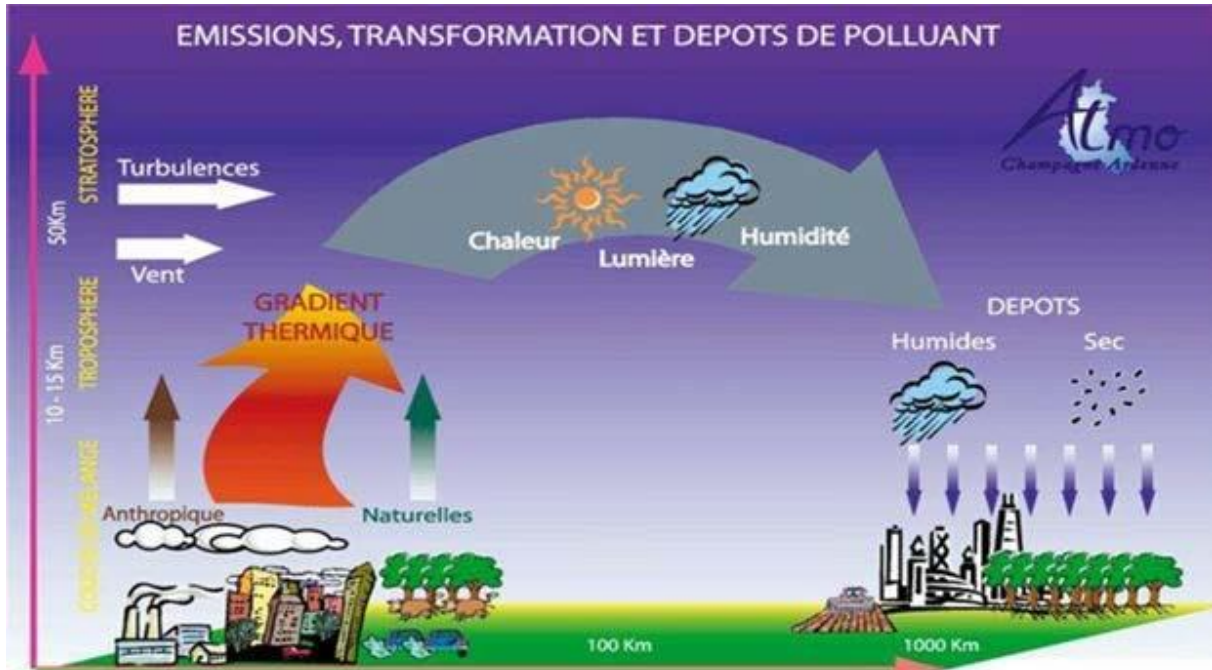


Figure N°02 : Les pollutions des eaux par l'urbanisme (Birech et Messaoudi, 2006).

1.4.2.1.2. Pollution industrielle :

Une usine doit être équipée d'une station d'épuration (STEP). Un traitement primaire élimine les matières en suspension (ex : résidus de lavage, corps gras, huiles), puis un traitement secondaire élimine les matières en solution (ex : métaux lourds) (Figure N°03). En réalité, seulement 65% des eaux usées passent en station d'épuration ou le traitement secondaire n'est généralement pas mis en application (bien souvent pour des raisons de coût (Birech et Messaoudi, 2006).

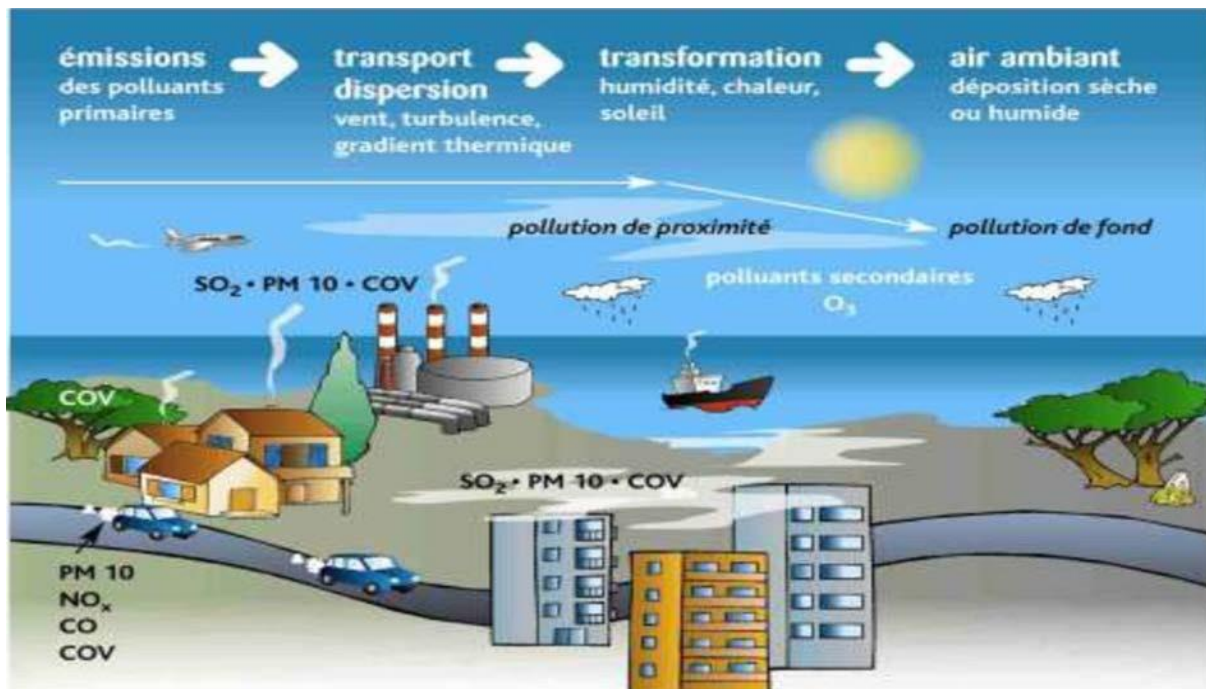


Figure N°03 : Les pollutions des eaux produites par l'industrie (Bougetit et Benhamida, 2015)

1.4.2.2. Pollution diffuse :

Elle est due au lessivage et à l'érosion plus ou moins rapide et accusée des sols. Différentes substances sont entraînées vers les nappes et les rivières tel que les hydrocarbures, les métaux lourds, les pesticides. Cette pollution peut s'étendre sur de grandes surfaces. Elle est difficile à identifier et donc difficile à maîtriser (Birech et Messaoudi, 2006).

1.4.2.2.1. Pollution agricole :

Les engrais apportent aux végétaux cultivés les éléments nécessaires à leur croissance notamment l'azote, le potassium, et le phosphore.

Les dérivés azotés (spécialement les nitrates) et les phosphates provoquent des déséquilibres dans les milieux qui reçoivent les eaux de ruissellement et les eaux d'infiltration issues de l'agriculture en favorisant le développement des algues qui prennent place à toute autre forme de vie à cause de leur surdéveloppement (Birech et Messaoudi, 2006).

Les pesticides sont des produits chimiques destinés à détruire les champignons (fongicides), les mauvaises herbes (herbicides), les vers de terre (hématicides) et les insectes (insecticides) qui parasitent les agricultures. Ces produits sont élaborés pour être rapidement neutralisés avec une durée de vie

courte une fois dissous dans le sol, mais l'utilisation de mauvaise préparation peut avoir des effets d'intoxication significatifs (Birech et Messaoudi, 2006).

L'accumulation de ces produits dans les cours d'eau peut avoir un impact important sur le milieu marin, à l'endroit même où se déverse des fleuves, ou bien par le retour des nappes souterraines qui forment des sources sous-marines ou proches du bord de la mer (Birech et Messaoudi, 2006).

1.4.2.2.2. Pollution atmosphérique :

L'atmosphère terrestre s'il contient des polluants peut être une source non négligeable de pollution. En effet en cas d'orage les sols seront contaminés et le ruissellement et l'infiltration des polluants menacent à la fois les eaux superficielles et les eaux souterraines. Cette contamination qui risque d'être durable cause de grande difficulté de traitement (Birech et Messaoudi, 2006).

1.4.3. Les principaux polluants des eaux :

1.4.3.1. Les matières en suspension :

Les matières en suspension sont de fines particules. Présentes naturellement dans l'eau des rivières pour certains (planctons, débris végétaux fins, minéraux), elles sont aussi des polluants d'origine humaine pour d'autres (matières organiques et minérales). Elles peuvent réduire la transparence de l'eau (turbidité), ce qui est néfaste pour la biologie des cours d'eau (Bencheikh et Goudjile, 2011).

1.4.3.2. Les matières organiques :

Certains rejets contiennent des matières organiques. Ces polluants sont biodégradables, ils peuvent être transformés en eau et en CO₂ par des micro-organismes (bactéries, algues) mais cette biodégradation consomme de l'oxygène, qui ne sera donc plus disponible pour la faune aquatique (poissons, crustacés...). C'est pourquoi l'on mesure souvent la pollution organique par " la demande biologique en oxygène" (DBO), autrement dit la quantité d'oxygène qui sera consommée par des micro-organismes pour sa biodégradation. On mesure également " la demande chimique en oxygène" (DCO), c'est à dire la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder tout ce qui peut l'être par voie chimique (Bencheikh et Goudjile, 2011).

1.4.3.3. Matières fertilisantes :

La présence d'azote et de phosphore en quantité excessive dans les cours d'eau entraîne la prolifération d'algues qui diminuent la luminosité et surtout

consomment l'oxygène dissous dans l'eau (phénomène d'eutrophisation). Cette pollution est produite par les eaux usées urbaines, certains effluents industriels, et le ruissellement des eaux chargées d'engrais apportés en excès aux cultures (Bencheikh et Goudjile, 2011).

1.4.3.4. Polluants métalliques et les polluants chimiques persistants :

Certains polluants chimiques sont particulièrement persistants, ils résistent à la dégradation chimique et biologique. Avec les métaux lourds ils forment une famille de polluants très dangereux qui absorbés par des plantes ou des petits animaux, ils s'accumulent et se concentrent tout au long de la chaîne alimentaire, au sommet de laquelle se trouve l'homme (Bencheikh et Goudjile, 2011).

1.4.3.5. Les sels minéraux :

Présents naturellement dans l'eau en faible quantité, les sels minéraux (chlorures ou sulfates de calcium, de magnésium, de sodium ou de potassium) peuvent voir leur concentration s'élever à la suite de rejets industriels. Cela peut nuire à la biologie aquatique (Bencheikh et Goudjile, 2011).

1.4.3.6. Polluants microbiologiques de l'eau :

Peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau (baignade, élevage de coquillage) (Bencheikh et Goudjile, 2011).

1.4.4. Lutte contre la pollution (prévention à la pollution) :

Pour lutter contre la pollution des eaux souterraines il faut prendre les mesures suivantes :

- Règlementation des rejets industriels et épuration des eaux usées.
- Lutte contre la pollution agricole par l'adaptation des pratiques culturales (dose, période d'épandage des engrais).
- Règlementation et la protection des dépôts des déchets de toutes natures.
- Établissement des périmètres de protection des eaux captées pour l'alimentation humaine.

Il faut noter ici que l'outil le mieux adopté à la prévention, techniquement et économiquement est le modèle mathématique de simulation hydrodynamique et hydro chimique. (Amroune et al, 2000).

1.5. Pollution de l'eau par Les pesticides :

1.5.1. Définition :

Le mot « pesticide », terme générique dérivé des termes latins « caedere » (tuer) et « pestis » (fléau), intégré à la langue anglaise dès les années 1940, puis à la langue française à la fin des années 1950 est utilisé aussi bien dans le langage courant que scientifique. (INSERM, 2013)

- **Définition des Pesticides** : Un pesticide est une substance sensée prévenir, détruire, repousser ou contrôler :
 - ✓ toute ravageuse animal-toute maladie causée par des microorganismes
 - ✓ les mauvaises herbes .Leur action peut se faire par
 - ✓ le contact-Ingestion-Autres sortes d'expositions effectives pendant les phases de croissance (J. BOLAND et al ; 2004)

1.5.2. Classification des Pesticides :

En général les substances actives sont classées (R. CALVET ,2005) (E. BARRIUSSO et al, 2005) en fonction de :

-la nature de l'espèce à combattre (premier système de classification),

-la nature chimique de la principale substance active(deuxième système de classification)

1.5.2.1. Premier système de classification :

Il repose sur le type de parasites à contrôler. Il existe principalement trois grandes familles d'activités (K.EL MRABET ,2006)

- ✓ Les Herbicides : Ce sont les plus utilisés dans le monde en tonnage et en surface ; ils permettent d'éliminer les mauvaises herbes des cultures.
- ✓ Les Insecticides : Ce sont les premiers pesticides utilisés et les plus utilisés en Algérie. Ils sont destinés à détruire les insectes nuisibles.
- ✓ Les Fongicides: Ils permettent de lutter contre les maladies cryptogamiques qui causent de graves dommagesaux végétaux cultivés. Ils combattent la prolifération des champignons pathogènes.

Outre, ces trois grandes familles, d'autres peuvent être citées en exemple: les taupicides contre les taupesles acaricides contre les acariens les rodenticides contre les rongeurs les nématicides contre les nématodes et les vers les

molluscicides contre les mollusques, limaces et escargots les corvicides contre les corbeaux et tous les oiseaux ravageurs de cultures.

1.5.2.2. Deuxième système de classification :

Le classement se fait en fonction de la nature chimique de la substance active. On distingue :

❖ Les pesticides organiques :

- ✓ Organochlorés.
- ✓ Organophosphorés.
- ✓ Carbamates.
- ✓ Triazines.
- ✓ urées substitué.
- ✓ Espyréthrénoïdes.

❖ Les pesticides inorganiques :

En général ce sont des éléments chimiques qui ne se dégradent pas. Leur utilisation entraîne ou peut avoir de graves effets toxicologiques sur l'environnement par accumulation dans les sols. Le plomb, l'arsenic et le mercure sont très toxiques (J. BOLAND et al ; 2004)

❖ Les biopesticides :

Ce sont des substances dérivées de plantes ou d'animaux. Elles peuvent être constituées d'organismes tels que les :

- ✓ Moisissures.
- ✓ Bactéries.
- ✓ Virus.
- ✓ Nématodes.
- ✓ composés chimiques dérivés de plantes.
- ✓ phéromones d'insectes.

La présence de certains groupements fonctionnels et/ou atomes confère aux pesticides certaines propriétés physico-chimiques (ionisabilité, hydrophobie, solubilité, persistance). Par exemple :

- le groupement donneur ou accepteur de proton d'un pesticide est susceptible de s'ioniser.
- Un pesticide contenant des atomes de chlore est généralement récalcitrant à la dégradation. Toutefois, il est important de souligner que la

connaissance de la famille chimique à laquelle un pesticide appartient ne suffit pas à elle seule à la définition de ses propriétés ni à la prédiction de son comportement dans l'environnement (Ayad-MOKHTARIE NAHIDA .2012)

1.5.3. Modes d'action des pesticides :

-Les Herbicides :

Peuvent agir sur les adventices se trouvant en concurrence avec une culture donnée en inhibant la photosynthèse ou les réactions enzymatiques impliquées dans la synthèse des lipides et des acides aminés chez les mauvaises herbes.

-Les Insecticides :

Leurs effets toxiques s'exercent sur les fonctions vitales de l'insecte telles que la transmission de l'influx nerveux et la respiration. Les insecticides agissent par contact, par inhalation ou par ingestion des molécules par l'insecte.

-Les Fongicides :

Peuvent contrôler les champignons en affectant leur respiration ou leur division cellulaire ou en inhibant la biosynthèse des acides aminés et des stérols.

1.5.4. Conception des pesticides :

Un pesticide est composé d'un ensemble de molécules comprenant :

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

-**Un diluant** qui est une matière solide ou 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.

1.5.5. Intérêt de l'utilisation des pesticides :

-**Dans l'Agriculture** : les pesticides sont utilisés pour lutter contre les insectes, les parasites, les champignons et les herbes estimés nuisibles à la production et à la conservation de cultures et produits agricoles ainsi que pour le traitement des locaux

-dans l'Industrie : en vue de la conservation de produits en cours de fabrication (textiles, papiers), vis-à-vis des moisissures dans les circuits de refroidissement, vis-à-vis des algues et pour la désinfection des locaux

-dans les Constructions : pour protéger le bois et les matériaux.

-en Médecine : Paludisme, malaria, typhus, et autres épidémies. Les statistiques montrent qu'il existe une corrélation entre les rendements agricoles et les quantités de pesticides utilisés (B. Zeboudji, 2008)

1.5.6. Effets des pesticides sur la santé :

La contamination de l'homme par les pesticides peut se faire par différentes voies. Il peut les absorber via les aliments et l'eau ou par contact avec la peau ou encore par inhalation. Certains produits qui présentent une toxicité aiguë importante peuvent être éliminés facilement par l'organisme.

A l'inverse, d'autres substances de toxicité moindre sont susceptibles de s'accumuler dans l'organisme et d'induire des effets à plus long terme qui sont difficilement quantifiables. Par ailleurs ces produits sont transformés parallèlement en différents métabolites susceptibles d'engendrer d'autres répercussions sur l'organisme humain (J. BOLAND et al ; 2004) En 2007, Meriel Watts, Scientifique installée en Nouvelle Zélande, a publié un livre sur les pesticides et le cancer du sein. Les pesticides peuvent avoir une action multiple dans l'étiologie du cancer du sein. Ce sont :

- des cancérigènes pour les glandes mammaires (induisent des mutations)
- des promoteurs de tumeurs (induisent la prolifération cellulaire)
- des sensibilisateurs des glandes mammaires (rendent les glandes plus sensibles aux effets des cancérigènes)
- des immuno-modulateurs-des perturbateurs de la communication intercellulaire
- des perturbateurs endocriniens.

1.5.6.1. Toxicité des pesticides :

Elle peut être aiguë ou chronique.

-Toxicité aiguë(ou à court terme) : elle se manifeste généralement immédiatement ou peu de temps (quelques minutes, heures ou jours) après une exposition unique ou de courte durée à un pesticide. Les cas d'intoxication aiguë par les pesticides représentent une morbidité et une mortalité conséquentes dans

l'ensemble du monde. Les pays en développement sont particulièrement vulnérables en raison d'un manque de réglementation, de systèmes de surveillance, d'application des règles et de formation et d'une insuffisance de l'accès aux systèmes d'information. Des études antérieures ont mis en évidence une grande variabilité des taux d'incidence de ces intoxications aiguës (OMS, 2008).

-La toxicité chronique, survient normalement suite à l'absorption répétée de faibles doses de pesticides. Le délai avant l'apparition de symptômes ou d'une maladie peut être très long. Dans certains cas, il peut être de plusieurs années. Les effets chroniques des pesticides sur la santé sont typiquement le cancer. D'autres effets ont été observés chez les mammifères tels que la perturbation du développement du fœtus et le dérèglement des systèmes reproducteurs, endocriniens, immunitaires et/ou nerveux central.

Des études épidémiologiques ont aussi soulevé la possibilité de problèmes hépatiques, rénaux, immunologiques, cardio-vasculaires, endocriniens, respiratoires, hématologiques, oculaires, gastro-intestinaux ainsi que des modifications du comportement. Ces effets sont normalement observés après plusieurs mois ou plusieurs années d'exposition. Certaines études ont associé l'apparition de certaines formes de cancers (leucémie, lymphomes non-hodgkiniens et cancer des poumons) à l'utilisation des organophosphorés[50]. Le nombre d'empoisonnements par les pesticides est estimé à trois millions de cas tous les ans avec environ 220000 décès. 95% d'empoisonnements mortels par les pesticides se produisent dans les pays en voie de développement[48]. En Algérie, le profil des intoxications par les pesticides reste le même depuis plus de dix ans(14%)(Tableau N°06).

Tableau N°06 : Intoxication par les pesticides en Algérie.

Année	2005	2006	2007	2008
Nombre de cas	519	-	685	715

1.6. Pollution de l'eau par Les métaux lourds :

1.6.1. Les métaux lourds :

Un métal est une matière, issue du minerai, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 g/ cm³ (tableau 5). Nommés éléments traces métalliques (ETM) avec une concentration

inférieur à 1/1000 dans la croûte terrestre et 0.1/1000 dans les êtres vivants. Les métaux lourds dont la concentration est supérieure aux normes de l'OMS tel que : (Cd), (Pb) et le (Zn) devient toxique (Bendada et Boulakradech, 2011).

Tableau N°07 : les caractéristiques physico-chimiques des métaux lourds étudiés.

Métaux lourds	Numéro atomique	Masse atomique (g/mol)	Masse volumique (g/cm ³)	Température de fusion	Température d'ébullition
Zn	30	65.39	7.14	419.58	907
Cd	48	112.1	8.642	321	765
Pb	82	207.2	11.34	327	1740

1.6.2. Caractéristiques principales des métaux lourds :

Les caractéristiques générales données ne concernent que les métaux lourds retenus dans cette étude, à savoir : cadmium (Cd), plomb (Pb) et zinc (Zn). Ces métaux ont été retenus en raison de leurs effets bio-toxiques.

1.6.2.1. Plomb (Pb) :

C'est un métal gris bleuâtre, brillant, mou et ductile. Constitue des gisements primaires dans les roches éruptives et métamorphiques, il ne se trouve pas à l'état natif, il existe sous forme de sulfure et peut être associé à d'autres éléments telle que le Zn, l'arsenic, l'antimoine le cuivre et l'argent. Dans l'eau de mer il existe sous trois formes essentielles : dissous, colloïdal et le plomb particulaire. Cet élément est très peu hydrosolubles et de faible mobilité géochimique (Casas, 2005).

1.6.2.2. Zinc (Zn) :

C'est un métal blanc de dureté faible à température ambiante qui devient malléable vers 100-150 °C et fragile cassant, essentiel pour la croissance et le développement normal d'espèces animales et végétales, mais devient nuisible quand il est en excès. Il n'existe pas à l'état métallique dans la nature, il n'est présent qu'à l'état divalent (Zn II). Dans l'eau de mer il se trouve en diverses formes : ion hydraté (Zn(H₂O)_{2+n}), zinc complexé par les ligands organiques (acides fulviques et humiques) et adsorbé sur de la matière solide (Casas, 2005 ; Noppe, 1996).

1.6.2.3. Cadmium (Cd) :

C'est un métal rare qui n'existe pas à l'état natif il est stable à une température ordinaire mais s'oxyde lentement à l'air en présence d'humidité, il

est Présent en faible quantité dans la biosphère (0,1-0,2 ppm). En milieu aquatique se trouve sous diverses formes (dissoute, colloïdale, particulaire). Les formes dissoutes (< 1 nm) de cet élément sont des espèces libres (Cd^{2+}) et formées par des associations (complexations) de cadmium avec des composés minéraux ou organiques, l'ion libre du cadmium se trouve majoritairement dans le milieu. Ce dernier influencé par la salinité (Plus la salinité augmente, plus la concentration en Cd^{2+} diminue). En zone côtière, lors du mélange des eaux douces avec l'eau de mer, le cadmium forme des complexes très stables avec les chlorures (Casas, 2005).

1.6.2.4. Cuivre (Cu) :

C'est un métal de couleur rougeâtre, malléable et ductile, moyennement abondant dans la croûte terrestre. Il possède une conductivité thermique et électrique exceptionnelles à température ambiante après l'argent (Chaoui, 2013). Sa concentration moyenne dans la croûte terrestre serait comprise entre 45 et 70mg/kg selon les auteurs (Tizaoui, 2013). Le cuivre à des effets toxiques qui sont :

- Altération des branchies et retardement de la ponte des poissons (Gaujous, 1995).
- Perturbation de la croissance des végétaux à fortes doses (Gaujous, 1995).
- Sur la santé humaine intoxication aiguë : Une gastro-entérite hémorragique avec diarrhée, anémie hémolytique aiguë, effets locaux et cutanés (eczéma), effets sur les tissus sanguins, endocriniens et hépatiques (hépatomégalie) (Kazouit et Hamadache, 1975).

1.6.3. Origine des métaux lourds dans l'environnement :

Les métaux lourds sont naturellement présents dans la croûte terrestre, ils suivent un cycle géochimique qui conduit à une distribution hétérogène de leurs concentrations à la surface du globe (Le Goff et Bonnomet, 2004). Les métaux sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles (en traces). Le développement industriel et technologique a provoqué l'augmentation de concentration dans le milieu environnemental.

1.6.3.1. Sources naturelles :

Le cycle géochimique des métaux lourds est caractérisé par l'apport des

formations géologique, érosion, le transport d'aérosols, les eaux de surface et souterraines.

1.6.3.2. Sources anthropiques :

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes. Parmi les activités qui contribuent à l'apport des concentrations dans l'environnement on a : activités pétrochimiques, utilisation de combustibles, transport, incinération de déchet, produits (interrupteurs électriques, amalgames dentaires, éclairages fluorescents), déchets urbains (eaux usées, boues d'épuration, ordures ménagères), agricoles, activités minières, déchets industriels (Monna, 2008).

1.6.4. Classification biologique des métaux lourds :

La plupart des scientifiques préfèrent l'appellation des métaux lourds par «Eléments traces Métalliques » (ETM), ou par éléments traces (Miquel, 2001). Certains métaux (les oligo-éléments) sont indispensables aux organismes vivants, d'autres, par contre, ne sont pas essentiels (Rousselet, 1991).

✓ *Les éléments traces essentiels:*

Indispensables au déroulement des processus biologiques mais à de très faibles quantités et deviennent toxiques à fortes concentrations. C'est le cas du fer (Fe), cuivre (Cu), zinc (Zn), cobalt (Co), manganèse (Mn), chrome (Cr), molybdène (Mo), sélénium (Se), nickel (Ni), vanadium (V), titane (Ti) (Bensaid et Sait, 2015).

✓ *Les éléments traces non essentiels:*

Certains métaux ne participent à aucun processus vital ou physiologique et sont connus seulement pour leurs effets purement toxiques sur l'organisme (Ex : Le Mercure, Plomb, Cadmium, Arsenic) (Namour, 1992).