
Chapitre 5

Épuration des eaux

L'objectif de l'épuration des eaux est de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un volume de résidus, les boues, et de rejeter une eau épurée dont les teneurs en corps indésirables sont en dessous des valeurs fixées par les normes de qualité. Une station d'épuration est une installation qui a pour objectif d'assainir les eaux usées domestiques, les eaux industrielles et les eaux pluviales avant de les rejeter dans le milieu naturel, construites au bord des rivières, le milieu récepteur, à l'extrémité du réseau d'assainissement.

5.1 Prétraitement physique

5.1.1 Dégrillage, dessablage et dégraissage

Les eaux usées traversent un dégrilleur, un tamis rotatif qui les débarrasse des matières solides. Une vis sans fin remonte ces déchets. Elles s'écoulent ensuite dans un premier bassin (dessaleur) où les matières plus lourdes que l'eau (sable) se déposent au fond de la cuve. Quant aux graisses, elles remontent à la surface sous l'effet d'une aération (pompes aératerices) et dirigées vers un concentrateur puis raclées vers des bâches de pompage. Les huiles sont évacuées vers une station de traitement spécifique. L'eau résiduelle est renvoyée dans le système principal de la station.

5.2 Traitement primaire

5.2.1 Décantation naturelle

Les MES se déposent au fond du bassin et sont épaissies mécaniquement dans une fosse positionnée sous les lamelles. Les boues primaires sont ainsi produites. Elles sont extraites par pompage vers la filière de traitement des boues. L'eau clarifiée est recueillie en surface et dirigée vers le traitement biologique.

5.2.2 Décantation physico-chimique

La turbidité et la couleur d'une eau sont causées par des particules colloïdales. Elles peuvent rester en suspension dans l'eau. On utilise deux procédés : la coagulation et la flocculation.

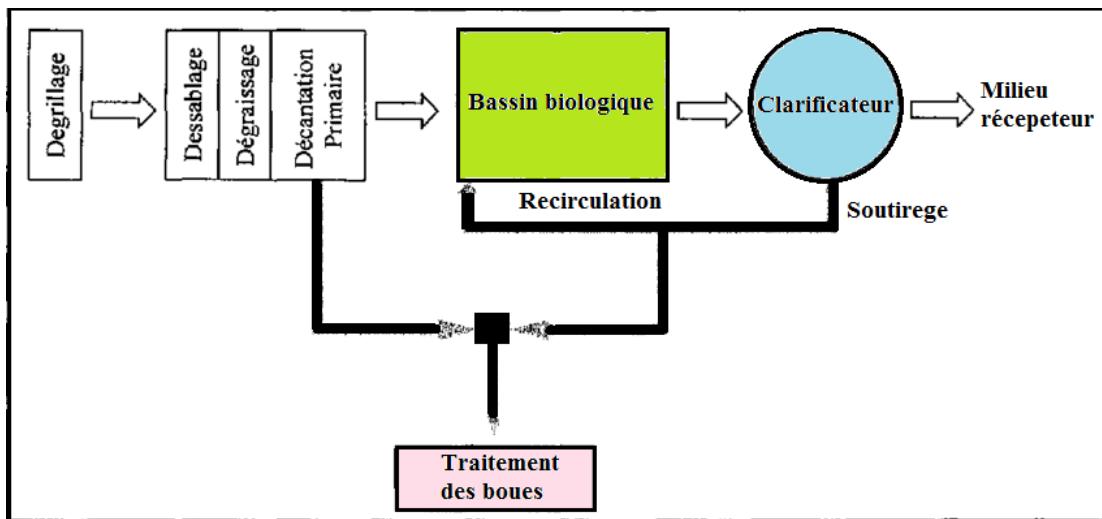


FIGURE 5.1 – Schéma illustrant les différentes étapes dans la chaîne d'épuration des eaux usées

5.3 Traitement secondaire ou traitement biologique

Il sert à extraire des eaux de la matière organique sous l'action de micro-organismes capables de les absorber. La sélection naturelle des espèces et leur concentration dans un bassin permettent d'accélérer et de contrôler ce phénomène.

5.3.1 Procédés biologiques extensifs (Lagunage naturel)

Les lagunes sont constituées de 03 plans d'eau peu profonds. L'apport d'oxygène naturel, par échange avec l'atmosphère ou par photosynthèse des algues de surface, peut être complété par des aérateurs pour stimuler l'activité biologique. Les bassins de traitement des eaux brutes éliminent les polluants carbonés. Les bassins d'affinage éliminent les contaminants biologiques par l'action du rayonnement solaire.

5.3.2 Procédés biologiques à cultures libres (Boues activées)

Les bactéries se développent dans des bassins alimentés en eaux usées à traiter et en oxygène. Les bactéries sont en contact permanent avec les matières polluantes dont elles se nourrissent. Il s'agit de permettre la sélection des espèces de bactéries capables soit de transformer le carbone en CO_2 , soit de transformer l'azote en nitrates puis les nitrates en azote gaz (N_2), soit de stocker le phosphore. La séparation de l'eau traitée et de la masse des bactéries (boues) se fait dans un clarificateur. Pour conserver un stock constant et suffisant de bactéries dans le bassin de boues activées, une grande partie des boues extraites du clarificateur est renvoyée dans le bassin. Une petite partie de ces boues, correspondant à l'augmentation du stock pendant une période donnée, est évacuée du circuit des bassins d'aération et dirigée vers les unités de traitement des boues.

5.3.3 Procédés biologiques à cultures fixées (biofiltres et les lits bactériens)

Le principe consiste à faire percoler l'eau à traiter à travers un matériau sur lequel se développent les bactéries qui constituent alors un biofilm sur ce support. Les lits bactériens utilisent des galets ou des supports alvéolaires, les biofiltres utilisent des argiles cuites, des schistes, du polystyrène, des graviers ou des sables.

Pour comparer les teneurs en polluants des eaux usées et des eaux épurées, on utilise plusieurs indicateurs : Les matières en suspension (MES), Les matières organiques (DBO et DCO), l'azote et le phosphore, les contaminants biologiques : bactéries, virus, parasites.

5.4 Traitement secondaire : traitement biologique

Les eaux usées doivent ensuite être débarrassées de leurs composés organiques (azote et phosphore). On utilise divers bassins où se sont développées des bactéries alimentées en oxygène et qui vont digérer les impuretés et les transformer en boues.

5.4.1 Traitement anaérobiose des eaux usées

Il utilise des bactéries pour aider la matière organique à se détériorer dans un environnement sans oxygène. La digestion anaérobiose exploitée pour nettoyer les effluents chimiques, les déchets agricoles et les eaux usées municipales, elle permet la valorisation énergétique des déchets en produisant du biogaz (Méthane).

5.4.2 Traitement aérobiose des eaux usées

On utilise les fosses d'aisance, les fossés d'oxydation, les lagunes et des procédés d'aération par diffusion. L'aération fournit de l'oxygène aux bactéries qui ont pour rôle de décomposer les substances organiques présentes. Le procédé des boues activées se compose d'organismes hétérotrophes utilisant des matières organiques pour produire de l'énergie par oxydation (eaux usées municipales ou industries alimentaires).

Boues activées

Le procédé consiste à alimenter un bassin brassé et aéré (bassin d'aération) avec l'eau à épurer (effluent prétraité voir décanté) au sein d'un courant continu d'eau usée, les bactéries aérobies sont soumises à l'action prolongée d'une forte oxygénation obtenue par introduction d'air dans l'effluent. Ces bactéries absorbent la matière organique et forment de gros flocs qui décantent et constituent des boues dites boues activées. Ensuite, la liqueur mixte est renvoyée dans un clarificateur ou décanteur secondaire ou s'effectuera la séparation de l'eau épurée des boues. Les boues décantées sont réintroduites dans le bassin d'aération pour maintenir un équilibre constant entre la quantité de pollution à traiter et la masse de bactéries épuratrices. Les boues sont évacuées du système vers le traitement des boues.

Lagunage

Lagunage naturel est un procédé d'épuration naturelle qui a pour principe d'utiliser la végétation aquatique comme support aux colonies bactériennes et agent épurateur des

eaux polluées. Les nitrates sont ainsi absorbés par les plantes. On utilise la minéralisation par les bactéries). Dans le premier bassin, l'élimination des déchets par voie physico-chimique (réactions chimiques dans l'eau entre les éléments minéraux) et par voie microbiologique (dégradation des déchets organiques par les bactéries). Dans le second bassin (Le rôle des plantes) : Les nutriments présents et le CO₂ sont assimilés par les plantes pour permettre leur croissance. Ces organismes autotrophes vont les transformer en tissu organique (sucres) pour la plante et en oxygène évacué dans le milieu extérieur (la photosynthèse). Dans le troisième bassin, du zooplancton qui jouent un rôle de consommateur de micro-algues, et régulateur de ces populations phytoplanctoniques. Ensuite la clarification est de séparer l'eau des boues issues de la dégradation des matières organiques. C'est une décantation effectuée dans des bassins appelés clarificateurs. Les boues se déposent au fond du bassin, sont pompées puis évacuées. L'eau est à ce stade débarrassée de plus de 90 % de ses impuretés. Elle est analysée puis rejetée dans le milieu naturel.

5.5 Traitement tertiaire

5.5.1 Élimination de l'azote et du phosphore

L'azote peut être éliminé par voie Physique (décantation), physico-chimique (sous l'action d'un gaz laveur) et biologique (nitrification-dénitrification). L'élimination des composés organiques se fait avec des bactéries aérobies qui les dégradent par un phénomène d'oxydation. Ces bactéries sont capables de transformer les molécules organiques ou minérales grâce à leurs enzymes. L'élimination de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) se fait avec des traitements bactériologiques de "nitrification-dénitrification". La nitrification est une transformation par des bactéries de l'azote ammoniacal en nitrates puis en azote gazeux. L'élimination du phosphore "déphosphatation" s'obtient par voie chimique (précipitation des phosphates par des sels de fer ou d'aluminium, on obtient des précipités insolubles de phosphates métalliques) et par voie biologique (accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues).

5.5.2 Procédés de désinfection

Par chloration en injectant du chlore (chlore gazeux, hypochlorite de sodium et bioxyde de chlore) particulièrement efficace pour détruire les bactéries, mais moins efficace contre les virus, et par ozonation efficace contre les virus, à l'aide de l'ozone.

5.6 Traitement des boues

Il en existe différents types : les boues primaires issues de la décantation et les boues secondaires issues d'un résidu dissous par des cultures bactériennes. Leur stabilisation a pour objectif de réduire leur fermentescibilité à travers la stabilisation biologique dans les bassins d'aération ou dans des digesteurs avec production de biogaz ou dans des centrifugeuses pour accélérer la séparation de l'eau du reste des composés. Elles sont ensuite utilisées en agriculture comme engrais.

Chapitre 6

Dessalement des eaux saumâtres

6.1 Procédés thermiques

6.1.1 Distillation à simple effet

Il reproduit le cycle naturel de l'eau, un serpentin de réchauffage porte à ébullition l'eau de mer dans une enceinte fermée, la vapeur produite se condense au contact d'un deuxième serpentin alimenté par l'eau de mer froide et un groupe électropompe soutire l'eau condensée ; un deuxième la saumure.

6.1.2 Distillation à multiples effets (MED)

Basée sur le principe d'évaporation, sous pression réduite, d'une partie de l'eau de mer préchauffée à une température variant entre 70 et 80 C. L'évaporation de l'eau a lieu sur une surface d'échange, où elle est assurée par détente au sein des étages successifs. La vapeur ainsi produite dans le premier effet est condensée pour produire de l'eau douce dans le deuxième effet où règne une pression inférieure, ainsi la chaleur de condensation qu'elle cède permet d'évaporer une partie de l'eau de mer contenue dans le deuxième effet et ainsi de suite.

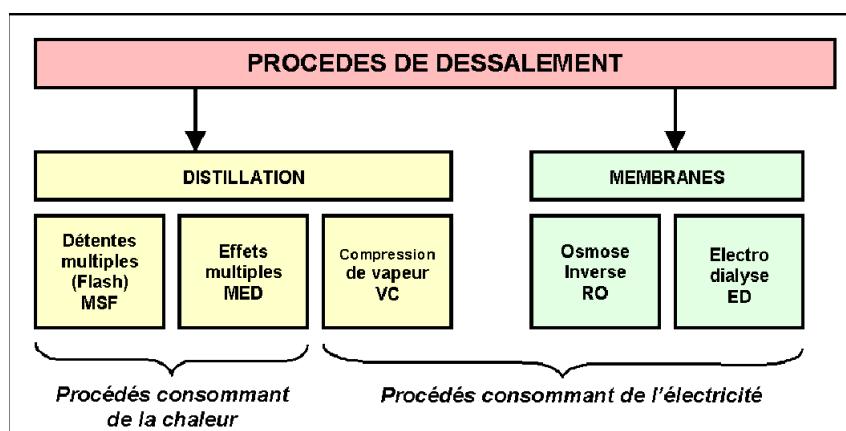


FIGURE 6.1 – Différents procédés de dessalement d'eau de mer

6.1.3 Distillation à détentes étagées ou multi flash (MSF)

On maintient l'eau sous pression pendant toute la durée du chauffage ; lorsqu'elle atteint 120 °C, elle est introduite dans une enceinte où règne une pression réduite. Il en résulte une vaporisation appelée flash. Une fraction de l'eau s'évapore puis va se condenser sur les tubes condenseurs placés en haut de l'enceinte, et l'eau liquide est recueillie dans des réceptacles en dessous des tubes.

6.1.4 Distillations par compression de vapeur

L'eau de mer à dessaler est portée à ébullition dans une enceinte thermique isolée, la vapeur produite est aspirée par le compresseur qui élève sa température de saturation. Cette vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire placé à la base de l'enceinte et se condensent provoquant l'ébullition de l'eau salée.

6.2 Procédés membranaires

Il s'agit de séparer l'eau et des sels dissous au moyen de membranes sélectives. Deux procédés utilisant de telles membranes : l'électrodialyse et l'osmose inverse.

6.2.1 Electrodialyse

Les ions d'un sel dissous dans l'eau se déplacent sous l'action d'un champ électrique créé par deux électrodes trempant dans le liquide. Les cations (Na^+), sont attirés par l'électrode négative (ou cathode) tandis que les anions (Cl^-) sont attirés par l'électrode positive. Dans l'électrodialyse, on intercale alternativement des membranes filtrantes soit perméables aux anions et perméables aux cations, soit imperméables aux cations et perméables aux anions. On obtient ainsi une série de compartiments à forte concentration de sels et d'autres à faible concentration. L'électrodialyse est bien adaptée aux eaux saumâtres dont la salinité est assez faible, inférieure à celle de l'eau de mer.

6.2.2 Osmose inverse

Principe de l'osmose inverse

C'est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression. Sous l'effet d'un écart de concentration, les molécules diffusent des régions les plus concentrées vers les moins concentrées. Si ce n'est pas le cas, c'est l'eau qui va migrer à travers la membrane pour diluer la zone concentrée et équilibrer les concentrations. L'osmose inverse est exactement le phénomène inverse : en appliquant une pression suffisante, on force l'eau à quitter la zone concentrée pour rejoindre la zone à faible concentration. Les membranes polymères utilisées (artificielles poreuses) laissent passer les molécules d'eau sans les particules, les sels dissous, les molécules organiques de 10-7 mm de taille. Ces membranes sont constituées d'une couche mince, ou couche active de faible épaisseur, comprise entre 0,1 et 1,5 μm comportant des micropores (partie sélective). Cette couche active est supportée par une ou plusieurs couches, plus poreuses et plus résistantes. Elles sont assemblées sous forme de modules regroupant plusieurs membranes : Module tubulaire, Module capillaire, Module à fibre creuse, Module spirale.

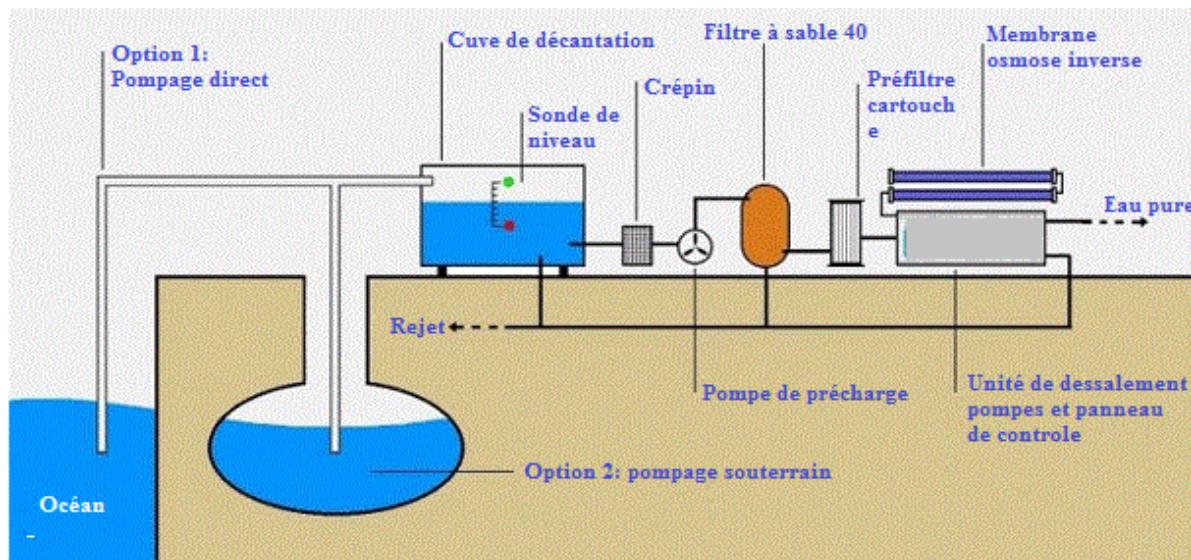


FIGURE 6.2 – Schéma du fonctionnement d'une usine de dessalement utilisant la technique de l'osmose inverse

La pression à exercer dépend de la concentration en sel et sert à empêcher l'eau pure de retourner diluer l'eau salée par phénomène d'osmose. Si on considère l'eau de mer, la valeur de la pression osmotique est environ 29 105 Pascals (Pa), soit près de 30 fois la pression atmosphérique. Pratiquement, pour obtenir un flux significatif et vaincre la pression osmotique qui augmente au fur et à mesure que l'eau est extraite, la pression de travail varie entre 60 et 70. 105Pa

Fonctionnement de l'usine

L'alimentation en eau peut se faire soit par prise directe soit par le biais de puits côtiers (eau souterraine). L'eau va subir des prétraitements, puis des pompes vont appliquer sur l'eau de mer une pression qui sera supérieure à 65 bar qui va permettre ainsi de dessaler l'eau. L'osmose inverse exerce une pression de 50 à 80 bars, la pression osmotique de l'eau de mer étant de 60 bars, environ 50 % de l'eau de mer peut donc être extraite, le sel se retrouve concentré dans les 50 % restants. Les principaux paramètres pris en compte par les systèmes des usines d'osmose inverse sont : La salinité et la qualité de l'eau d'alimentation, Le taux de récupération, La température de l'eau La pression de service, Les spécifications de qualité de l'eau produite. La plupart des usines sont organisées selon le schéma suivant :

- Une unité de pompage
- Une unité de décantation constituée de grandes cuves permettant le dépôt des impuretés.
- Une pompe de précharge avec crépine et filtre.
- Une unité de désalinisation fonctionnant selon la distillation, l'osmose inverse et l'électrodialyse.
- Une unité de traitement des eaux usées (floculation et filtration) avant rejet.

Prétraitemet

Son objectif est d'éviter le colmatage des modules par les matières en suspension et donner à l'eau des caractéristiques qui soient compatibles avec la nature des membranes :Teneur en chlore, pH, température. Il y a plusieurs étapes la clarification, la prévention de l'entartrage, la déchloration et la filtration sur cartouches. On injecte dans l'eau brute des inhibiteurs d'entartrage ou antitartraires (polyphosphates et polymères carboxyliques). Il est indispensable d'assurer une déchloration de l'eau de mer avant son entrée dans les modules. Cette déchloration est effectuée par ajouts de réactif chimique : bisulfite de sodium NaHSO₃.

Chloration

La prolifération des organismes vivants est bloquée par un procédé de désinfection. Le procédé consiste à injecter du chlore dissous dans l'eau libère l'ion hypochloreux (HCIO₂), qui est l'agent actif de la stérilisation. Pour éliminer le danger lié au chlore, on peut lui substituer l'hypochlorite de sodium (eau de Javel)

Coagulation/Flocculation

Son but est la neutralisation des charges primaires qui permet d'annuler les forces de répulsion suivie par le piégeage dans les précipités. Elle se déroule par l'intermédiaire de Al³⁺ et Fe³⁺. La flocculation consiste à agglomérer sous forme de flocs les particules colloïdales neutralisées par coagulation.

Sédimentation

Utilisé en amont de la filtration lorsque l'eau brute possède une turbidité supérieure à 30 NTU. L'objectif est d'obtenir une eau dont la turbidité serait inférieure à 2 NTU. La sédimentation se déroule dans les mêmes bassins que la coagulation/flocculation.

Filtration sur sable

L'étape de coagulation/flocculation avant la filtration est nécessaire car elle permet d'augmenter la taille des particules à filtrer par la formation d'agglomérats, ce qui rend la filtration plus efficace.

Travaux Dirigés

TD N°1 : Pollution des eaux superficielles

Etude de cas : vallée de la Soummam (Tazmalt-Bougie)

Cette étude vise à caractériser la qualité des eaux de la vallée et l'étude de l'évolution spatio-temporelle des éléments majeurs présents dans l'écosystème aquatique de la Soummam (Oued et nappe aquifère). Ceci en tenant compte des influences à la fois naturelles et anthropiques importantes. Les effets directs de pollutions spécifiques, le plus souvent très localisées, peuvent être facilement détectés. Dix stations de mesure ont été prélevées, allant de l'amont de la vallée (Tazmalt) à l'embouchure (Bougie). Les paramètres analysés sont les paramètres standards en ions majeurs (Chlorures, sulfates, calcium, magnésium, bicarbonates, etc.). Des mesures physiques ont été également réalisées *in situ* à l'aide d'une mallette multiparamètres. Ce sont principalement quatre paramètres physiques : température, conductivité, pH et oxygène dissous (O₂). Cependant, l'échantillonnage a ciblé spécifiquement quatre indicateurs de pollution en concomitance avec la nature du tissu socio-économique qui caractérise la région. Il s'agit des nitrates (NO₃), nitrites (NO₂), ammonium (NH₄) et orthophosphates (PO₄) dosés à l'aide d'un spectrophotomètre. Les résultats sont consignés dans les tableaux ci-dessous.

- Etablir la balance ionique de chaque prélèvement. Qu'en déduisez-vous ?
- Y aurait-il une influence du régime hydrologique, entre les hautes et basses eaux, sur les concentrations ?
- En optant pour un guide de normes FAO réservé aux eaux destinées à l'irrigation, discuter les paramètres physiques des eaux analysées (voir le complément au TD).
- Discuter la composition chimique des eaux analysées. Existe-t-il une pollution ? Si oui, identifier ses sources.

TD N°2 : Pollution des eaux souterraines destinées à la consommation humaine

Etude de cas : Nappe des alluvions de la Soummam

L'ANRH a effectué des prélèvements d'eau souterraine dans le but d'évaluer la qualité physico-chimique des eaux de la nappe. La campagne a été réalisée en avril 2011 au niveau de 5 forages captant la nappe des alluvions de la Soummam et sont destinés exclusivement à l'Alimentation en Eau Potable (AEP). Il s'agit des forages : FB5 de Souk Oufella, NO4 de la Réunion, T7, de Laazib, UT11 de Biziou et V6 de Tiouririne. Le dosage a concerné plusieurs paramètres. Tout d'abord les paramètres physiques, ensuite les ions majeurs et enfin quelques métaux lourds qui ont la réputation d'être toxiques à certaines proportions. Les analyses sont insérées dans l'annexe ci-jointe. En vous munissant de la directive d'eau européenne pour en extraire les normes de potabilité :

- Etablir la balance ionique de chaque prélèvement. Qu'en déduisez-vous ?
- Discuter les paramètres physiques des eaux analysées.
- Discuter la composition chimique des eaux souterraines analysées. Existe-t-il une pollution ? Si oui, identifier ses sources
- Discuter les concentrations en métaux lourds des eaux souterraines. Existe-t-il une pollution en ML ? Si oui, identifier ses sources.

— A l'issue de vos interprétations, définir les aptitudes des eaux analysées à la consommation humaine.

PS : Le rendu sera sous forme de rapport individuel.

Le responsable de la composante *Farès KESSASRA*

Thèmes d'exposés

1. Présence du plomb dans les eaux destinées à la consommation humaine : origines, effets et risques.
2. Présence des hydrocarbures dans les eaux destinées à la consommation humaine : origines, effets et risques.
3. Présence de pesticides dans l'eau : causes et effets
4. Rejets urbains et leurs impacts sur la ressource en eau souterraine.
5. Eutrophisation des rivières en Algérie
6. Présence des antibiotiques dans les milieux aquatiques : cas d'étude.
7. Quelle responsabilité porte-on à l'agriculture face à la pollution des écosystèmes aquatiques.
8. Cas de pollution issue de l'industrie agro-alimentaire.
9. Méthodologie d'étude des sites pollués.
10. Maladies à transmission hydrique : état des lieux à Jijel.

Bibliographie

Banas, D., Lata, J.Ch - Support de cours, les nitrates, Paris Sud Orsay

Boubakar Hassane A. (2010) - Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique. Cas de la communauté urbaine de Niamey (Niger). Thèse de Doctorat en Hydrogéologie, Université Abdou Moumouni de Niamey, Niger, 198p

HUYNH T.M.D. (2009) - Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ver de terre/microflore tellurique. Thèse de Doctorat, Université Paris Est, 151p

Jansson, M., Andersson, R., Berggren, H., Leonardson, L., 1994. Wetlands and lakes as nitrogen traps. Ambio 23, 320-325

Kessasra, F. (2015) - Modélisation hydrogéologique des écoulements d'eaux souterraines et de surface de la nappe des alluvions de la vallée de la Soummam (Nord-Est Algérie) - Impacts sur l'environnement et les écosystèmes. Thèse de Doctorat. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène, USTHB d'Alger, 434 p

Michard G. (1989) - Equilibres chimiques dans les eaux naturelles. Editions Publisud, 358 p.

Phocaides, A (2008) - Manuel des techniques d'irrigation sous pression. Editions FAO, Rome, 307 p.

Plagnes, V (2000) - Structure et fonctionnement des aquifères karstiques : caractérisation par la géochimie des eaux. Thèse de Doctorat de l'Université de Montpellier II soutenue en 1997. Editions BRGM, 376p

Reynaud A. (2000) - Gestion durable d'une ressource naturelle : le cas du système aquifère Girdondin. Thèse de Doctorat, Université des Sciences Sociales de Toulouse, 322p

Rodier, J (1996) - L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. Dunod 8ème édition, 1384 p, Paris

Annexes

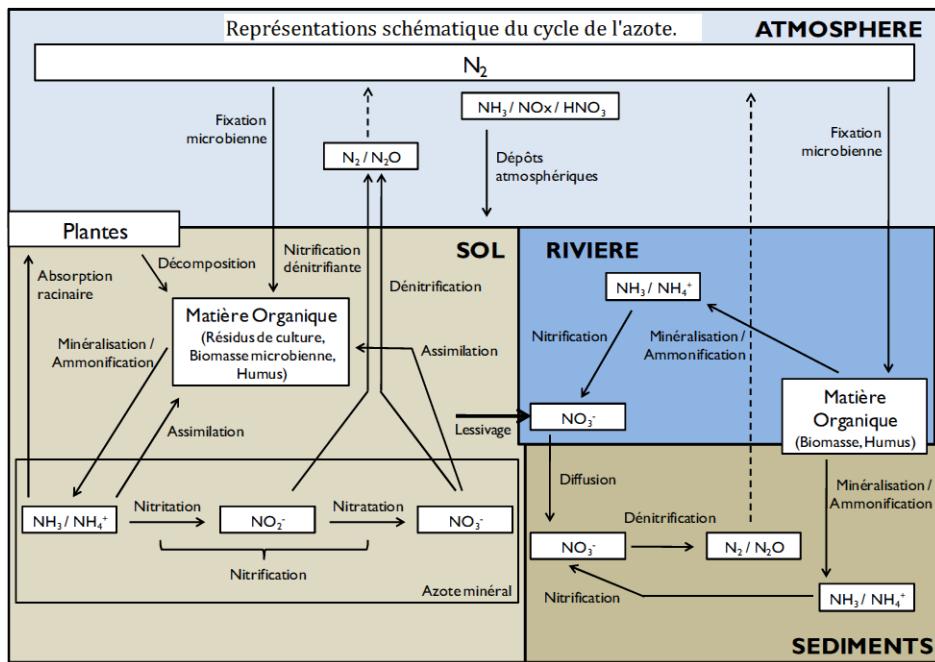
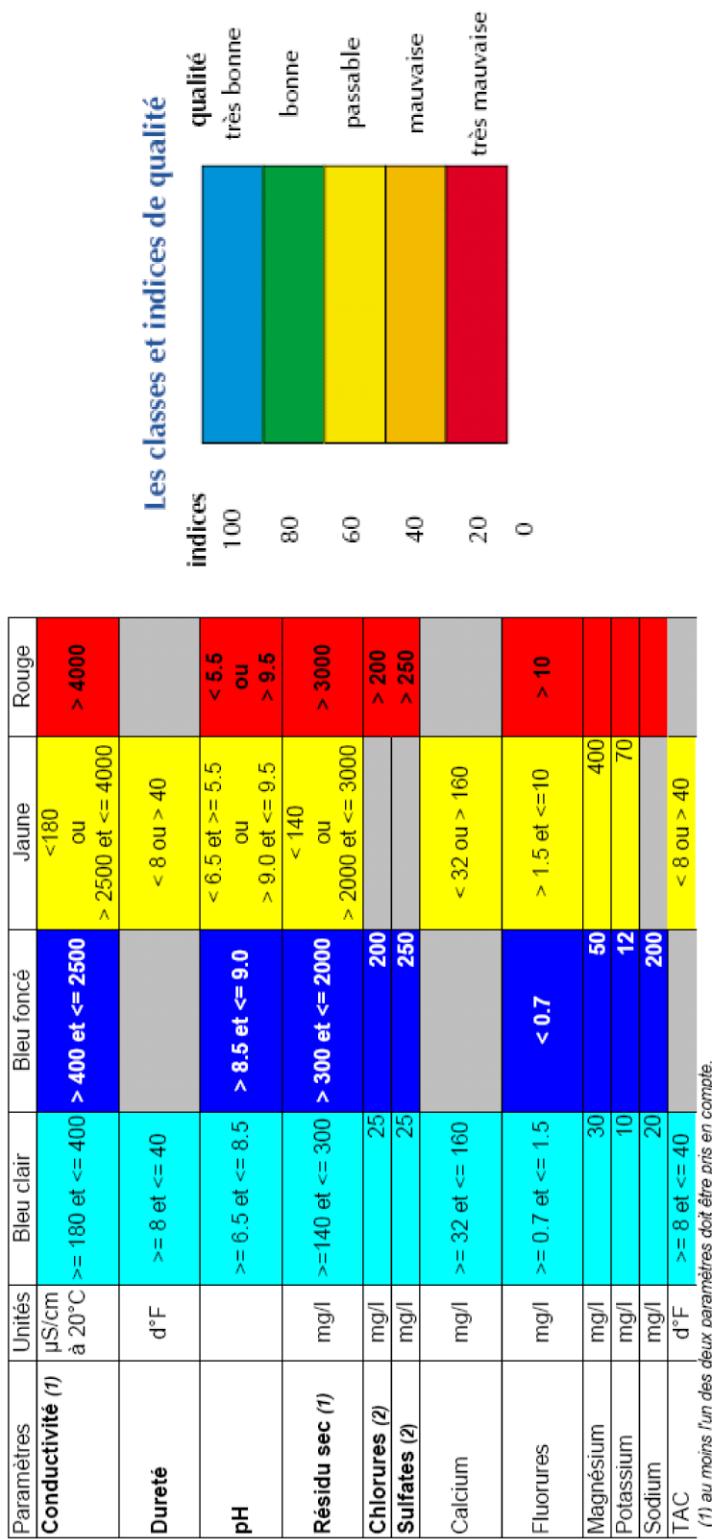


FIGURE 6.3 – Représentation schématique du cycle de l'azote

<u>ALTERATION</u>	<u>PARAMETRES</u>	<u>EFFETS</u>
Goûts et odeurs	Odeur, saveur	
Couleur	Coloration	
MO et oxydables	Sat O ₂ , DCO, DBO ₅ , COD	Consomme l'oxygène de l'eau
Particules en suspension	MES, turbidité	Trouble l'eau, gène pénétration lumière
Fer et Manganèse	Fe, Mn	
Micro-organismes	Colif. fécaux et thermotolérants (E. Coli), entrérocoques...	Gène production eau potable et baignade
Minéralisation et salinité	Cond., résidu sec, TAC, pH, Ca, Na, Mg, K, Cl, SO ₄	Modifie salinité de l'eau
Nitrates	NO ₃	Gène production eau potable
Mat. Azotées (hors NO ₃)	NO ₂ , NH ₄	Contribue à prolifération d'algues, peuvent être toxiques
Micro-polluants minéraux	As, B, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn, Al, Ag, cyanures	Toxiques pour les êtres vivants Gène production d'eau potable
Pesticides	Atrazine, simazine, diuron, isoproturon...	
HAP	Benzopyrène, somme HAP	
PCB	Somme PCB	
Micropolluants organiques	Chloroforme, tétrachloroéthylène, benzène, hyd. diss...	
Corrosion	CO ₂ dis., O ₂ dis., Eh, salinité, pH, Cl, bact. réductrices.	Corrode tuyaux
Formation de dépôts	pH, Eh, O ₂ dissous, ferro-bactéries	
Température	T	Trop élevée, perturbe la vie des poissons

FIGURE 6.4 – Altération de l'eau et les principaux effets

Altération Minéralisation et salinité



Altération Micro-organismes

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Escherichia coli	N/100 ml	0	20	20000	
Entérococques	N/100 ml	0	20	10000	
Streptocoques fécaux					
Coliformes totaux	N/100 ml	0	50	50000	

La classe bleu clair traduit l'absence de micro-organismes par 100 ml d'eau.

Altération Nitrates

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Nitrates	mg/l NO_3	25	50	100	
Ammonium	mg/l NH_4	0.05	0.5	4	
Nitrites	mg/l NO_2	0.05	0.1	0.7	

Altération Matières azotées hors nitrates

Paramètres	Unités	Bleu clair	Bleu foncé	Jaune	Rouge
Ammonium	mg/l NH_4	0.05	0.5	4	
Nitrites	mg/l NO_2	0.05	0.1	0.7	

5.3.1.5 Apport par réinfiltration des eaux d'irrigation

Ce terme à longtemps été négligé dans le calcul du bilan d'eau de la nappe de la Soummam. Or, cet apport d'eau que l'on peut qualifier d'artificiel ou anthropique (par opposition à la recharge naturelle) est susceptible d'influencer l'équilibre du réservoir. La

nature du précédent cultural ou pratiques d'irrigation d'une manière générale influencerait plus l'infiltration efficace durant l'hiver et le printemps que ne l'influence la culture en place (Bruand et al, 1997), et de ce fait, l'irrigation a modifié le cycle de

l'eau à l'échelle de la Soummam. Il est nécessaire alors de prendre en mesure les caractéristiques des sols de la vallée car les sols induisent des variations de capacité de stockage et les pratiques culturales, quant à elles, induisent des variations de stock d'eau

en automne. Jalota et Arora en 2002 ont démontré que plus de 50% des eaux d'irrigation retourne à la nappe dans une étude menée sur un aquifère du Nord Ouest de l'Inde. La balance de l'eau est donnée par la formule suivante (Maréchal et al, 2006) :

$$RF = PG + P - ETR - D - \Delta w \quad (6.1)$$

Avec :

- RF : Return flow,
- PG : Pumping Groundwater,
- P : Précipitations,
- ETR : Evapotranspiration des parcelles irriguées,
- D : Ruissellement,
- Δw : variation de la profondeur de l'eau ou emmagasinement d'eau,

Les termes de ce bilan sont donnés en mm/j. Nous allons tenter de calculer le taux des eaux d'irrigation réinfiltrée dans la nappe à partir des données dont nous disposons. Les valeurs de pluies et de l'ETR sont estimés à partir de la méthode de bilan d'eau de

Thornthwaite. Il s'agit d'une moyenne de 16 années d'observation.

Le taux d'extraction de la nappe est approximativement estimé à partir des données fournies par le Ministère des Ressources en Eau (MRE, 2009) compilées à celles fournies par l'ANRH lors de la campagne piézométrique de 2004 à 2006 pour en tirer une approximation des prélèvements d'eau de la nappe. La hauteur de l'eau (m) est ainsi estimée en divisant le volume journalier d'eau pompé de la nappe (m^3/j) par la surface totale de la nappe (Km^2). Le volume moyen journalier pompé de la nappe de la basse Soummam est égale à

Pour la moyenne Soummam, les débits extraits sont de l'ordre de $14.51 m^3/j$ et une surface de la nappe égale à $120 km^2$. Donc, la lame d'eau est égale à $1.21 \cdot 10^{-7} mm/j$. Pour la basse Soummam, les débits sont moins importants, de l'ordre de $5.566 m^3/j$ et une surface de la nappe de $75 km^2$, donc la hauteur d'eau est de $74.10^{-5} mm/j$.

Le Ruissellement est calculée à partir ???

la percolation des eaux d'irrigation

L'impact du barrage de Tichi Haf sur la nappe

La période des cultures est comprise entre Mai et Septembre (Laborde, 1997) Les réserves en eau n'évoluent pas trop d'une année à l'autre (pas de temps annuel), et donc la variation de stock s'annule.