

[Retour](#)

**MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE
ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR UNIVERSITAIRE ET RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

INSTITUT SUPÉRIEUR DES TECHNIQUES MÉDICALES DE NYANKUNDE

B.P. 55 BUNIA PROVINCE ORIENTALE

**COURS D'ASSAINISSEMENT
destiné aux étudiants de 1er graduat
section santé communautaire**

PAR KIRERE MATHE, Agrégé de l'Enseignement Secondaire Supérieur, Épidémiologiste

**Année Académique 2000 - 2001
Cours d'Assainissement**

PI an du cours d'Assainissement

Chapitre I. Introduction

Chapitre II: Généralités

La pollution de l'eau

La pollution de l'air

La pollution par les déchets solides

Les types d'effets de la pollution sur la santé

Chapitre III. La taille de problème.

Chap. IV: Les eaux

A. Principales sources de pollution

- Les eaux de pluies

- Sources naturelles

- sources domestiques
- Sources agricoles
- Sources industrielles

B Principes des techniques d'épuration

- Traitements à caractère physique dominant:
 - * Décantation
 - * Coagulation
 - * Flocculation
 - * Filtration
 - * Flottation
 - * Adsorption
 - * Dégazage
 - * Désorption
- Traitements à caractère chimique dominant
 - * Neutralisation
 - * Oxydo - réduction
 - * Précipitation
- Traitement à caractère biologique dominant
 - * Fermentation aérobie(boues activées, lits, bactériens)
 - * Fermentation anaérobie(digesteurs à boues)
 - * Opérations mixtes.

C. Application à certains cas particuliers

- Les eaux potables
- Les eaux d'égouts

Chap. V: Les Déchets solides

- Généralités
- La collecte des déchets
- Pré traitement
 - * Le broyage
 - * Le triage
- Traitements classiques
 - * La mise en charge
 - * Le compostage
 - * L'incinération
- Les traitements nouveaux :
 - * Compactage
 - * Enrobage
 - * Pyrolyse
 - * Hydrolyse
 - * Méthanisation
 - * Récupération
 - * Le recyclage: métaux, verres, papier, matières plastiques, caoutchouc, solvants, huiles lubrifiantes.

Chapitre VI: Les Déchets hospitaliers.

Chap. VII. La contamination de la chaîne alimentaire

Contenu prévu pour les cours d'assainissement.

- Approvisionnement en eau
- L'eau potable
- Évacuation des eaux usées et excréta
- Évacuation des déchets solides
- préparation et conservation des aliments
- Les nuisances
- Les pollutions
- Aménagement de l'environnement. et habitat

Chapitre I. Introduction

1.1 L'Assainissement, Qu'est-ce que c'est ?

Assainir(*Larousse, 1993*): rendre sain, purifier, ramener à la normale. sain = qui ne présente aucune atteinte pathologique ou anomalie, doué d'un bon équilibre, régulier, normal, sans danger qui ne s'écarte pas de ce qui est normal. Assainir signifie rendre saines les conditions de vie.

L'assainissement est une opération complexe qui s'occupe du traitement des effluents ou des polluants gazeux, liquides ou solides. Traiter ou assainir les effluents gazeux, liquides ou solides pollués, ne signifie pas les faire disparaître de notre environnement, mais les transformer en une forme moins dangereuse avec éventuellement changement de phase. Exemple: On épure de l'eau industrielle ou domestique polluée, on obtient à la fin du traitement complet un déchet solide sous forme de boue(*Dotreppe, 1995*).

On entend par Assainissement, *l'ensemble des travaux que doivent effectuer en se conformant aux règles d'hygiène, les particuliers, les collectivités et les pouvoirs publics pour faire "disparaître" dans les agglomérations toutes causes d'insalubrité*. Selon le rapport de la 1ère réunion du comité des experts de l'environnement tenue en 1950, l'Assainissement implique le contrôle de l'approvisionnement public en eau, l'évacuation des excréta et des eaux usées, l'élimination des déchets et des vecteurs des maladies, des conditions de logement, des aliments et de leur manipulation, des conditions atmosphériques et de sécurité sur le lieu de travail(*Franceys et al, 1995*). L'Assainissement recouvre donc les moyens de collecte et d'évacuation hygiénique des excréta et des déchets liquides de la communauté pour protéger la santé des individus et de la communauté(*O.M.S., 1987*). Le 1er comité des experts de l'Assainissement(Septembre 1949) avait donné une définition assez vaste du terme "assainissement: qui comprenait outre l'élimination des excréta et des eaux usées, d'autres aspects de l'environnement pouvant avoir une incidence sur la santé tel que l'approvisionnement public en eau, le logement, l'alimentation, les conditions atmosphériques, les conditions du travail et les vecteurs des maladies.

1.2. Sources des déchets

Cette branche aide à examiner des questions en rapport avec les origines des maladies transmissibles, savoir pourquoi la fréquence de ces maladies est si élevée, et ce qui favorise la transmission de ces maladies.

Tous ces problèmes de l'assainissement viennent des conditions de vie et ces conditions sont très complexes. Plusieurs facteurs sont à la base de ces conditions de vie:

- Tout d'abord, les habitudes des gens.
- * La tendance de boire n'importe quelle eau,
- * L'habitude de faire ses besoins en dehors d'une installation sanitaire,
- * Le manque de la propreté des mains, du corps, de la cuisine,

- * L'habitude de vivre dans les mêmes lieux que les animaux domestiques,
- * La tendance de laisser traîner les récipients où les moustiques peuvent pondre leurs oeufs,
- * La nécessité de travailler dans les eaux stagnantes et contaminées pour pêcher, cultiver, faire la lessive,...
- * Et beaucoup d'autres habitudes malsaines.

-L'environnement aussi contribue à la transmission de ces maladies.

- * L'insuffisance de bonnes sources d'eau.
- * La présence de nappes d'eau superficielles facilement contaminées.
- *Le climat, température élevée, humidité.
- * La pauvreté du sol.
- * Et la façon de vivre permet souvent une dissémination de ces maladies.
- * Le surpeuplement
- * Les maisons mal construites
- * L'insuffisance des systèmes d'installation sanitaire et de distribution d'eau.
- * L'insuffisance de moyens de transport des vivres

S'il faut donc rendre les conditions de vie saine, il faut :

- * Modifier les habitudes défavorables à la santé . C'est le rôle de l'éducation pour la santé
- * Changer certains aspects de l'environnement pour les rendre plus saine.
- * Améliorer les conditions de vie: logements, installations sanitaires, sources et systèmes de distribution d'eau, routes, planification des villes pour éviter le surpeuplement.

L'assainissement a donc des grandes conséquences sur la santé. Son effet est même plus grand que celui de la médecine. La forte diminution de la fréquence des maladies due au manque d'hygiène(en Europe) est attribué à l'assainissement et non à l'évolution de la médecine.

Chapitre II. Généralités: La pollution

Ce traitement des déchets qui polluent notre planète terre, seule habitable, est indispensable pour la protéger. La pollution est tout ce qui contribue à la détérioration de l'environnement à l'échelon planétaire, continental, national, local ou individuel(parfois moléculaire).

2.1 La pollution de l'eau:

Les mers jouent un rôle essentiel dans l'équilibre écologique naturel en procurant une part fort importante de l'oxygène nécessaire à la vie.

La pollution de l'eau est défini par tout apport résultant directement ou indirectement d'activités humaines, de matières susceptibles d'altérer l'eau dans sa condition ou sa composition de telle sorte qu'elle ne convient plus ou convient moins aux utilisations qui doivent pouvoir en être faites ou qu'elle dégrade le milieu par son aspect ou ses émanations. L'alimentation d'une région en eau potable évolue en fonction de 3 paramètres importants.

2.1.1 La raréfaction de l'eau douce

95% de l'eau se trouve dans l'océan. 2 à 4% d'eau douce gelée sur les pôles 0,5% d'eau dans les fleuves et les lacs.

L'eau atmosphérique constitue le réservoir d'eau potable de la planète. Elle arrose la surface du globe(2 à 3 cm de chute d'eau en moyenne annuelle) mais les 2/3 tombent sur les océans. La pompe qui l'actionne est le

soleil. L'action de l'homme sur cette eau ne peut s'exercer que quand elle est tombée et cette situation est impossible à modifier actuellement.

Nos grandes erreurs de gestion ont eu comme résultat final que l'eau coule plus vite qu'auparavant dans les fleuves et dans la mer par suite: d'érosion des sols mal cultivés, erreurs des grands barrages, diminution de la surface d'infiltration(surface étendue des villes, des rues, des autoroutes, bref de toutes ces surfaces cimentées, etc.).

2.1.2 Augmentation de la population.

L'augmentation de la population, sa concentration dans les villes, l'amélioration de niveau de vie dans les pays développés, entraînent un accroissement des besoins en eau potable, en eau industrielle, en eau agricole et en eau de loisirs(vacances, piscines, pêche, etc.) surtout très important au niveau des villes.

L'usage domestique en eau aux U.S.A. remonte à environ 166 litres d'eau par jour, en:

- France : 120 l /jour / personne

- Afrique : plus ou moins 20 l par jour / personne. L'usage urbain et industriel est variable selon les régions. Dans une région d'élevage, un bovin peut consommer environ 60 l par jour. Les industries de fabrication des boissons comme Unira à Kisangani, peuvent utiliser la moitié de la consommation de la population en général, les pays industrialisés utilisent une grande quantité d'eau(environ 300 l par jour par personne) pendant que les pays africains en utilisent très peu (environ 30 - 50 l par jour par personne).

Par suite de la croissance démographique, la concentration des besoins en eau débouche sur un recyclage incessant de l'eau. => Ainsi, certaines eaux peuvent être bues jusqu'à 5 fois de suite, 50% des Américains boivent une eau qui est passée par un égout industriel ou public.

2.1.3 Diminution de la qualité de l'eau douce

70% de la population mondiale est mal approvisionnée en eau. 45% de la population au Zaïre dans les années 1980, n'avait aucun apport d'eau surveillée.

2.1.3.1 Les eaux de surface (rivières, fleuves, lacs) subissent:

a) Des rejets industriels multiples de substances non dégradables toxiques, de boues d'hydrocarbures, des détergents, de sels(ex: CaCl_2 du déneigement des routes, situations catastrophiques pendant les années sèches où il devient impossible d'épurer ces eaux de ses substances chimiques. Ex: A Birmingham(Angleterre), ville de 210 km^2 , pour les années 1969 et 1970, les retombées de poussières sont d'environ $134\text{mg}/\text{m}^2$ /jour. Si dans ces poussières, on compte 1% de métaux non ferreux (concentration normale dans les particules en suspension), cela fait 100 tonnes de métaux non ferreux qui s'écoulent par an dans l'eau de rivière.

b) Enrichissement des eaux de surface en engrais ou autres agents nutritifs(nitrates, phosphates). La croissance des plantes en surnombre dans l'eau qui, en pourrissant, consomment tout l'oxygène dissous(putréfaction --> diminue la transparence des eaux).

c) Rejet de substances dégradantes en quantités trop élevées(aliments, papeteries,...) et d'eaux d'égout => le pouvoir autoépurateur de la rivière = dépassé

d) Le curage des ruisseaux par l'administration de l'hydraulique agricole pour assainir certains sols trop souvent inondés => Diminution de la surface du cours d'eau rectifiée, destruction du pouvoir épurateur par extraction des galets porteurs de micro-organismes épurateurs, écoulement plus rapide de la rivière, plantation de résineux qui obscurcissent la rivière et freinent son activité biologique.

e) Possibilités de déversements accidentels dans les fleuves ou rivières par les bateaux.

2.1.3.2 Les eaux profondes ou souterraines

Source d'approvisionnement de la quasi majorité de la population rurale (en 1965, 75% de l'eau potable distribuée par les réseaux belges de distribution publique soit 260 millions m³). La qualité de ces eaux diminue par :

a) Épuisement de la nappe supérieure et pompage des nappes de plus en plus profondes, donc plus chargées en sel, puisque l'eau de pluie ou l'eau souterraine aura circulé plus loin et plus longtemps, impossibilités de puiser d'avantage, d'où nécessité d'utiliser dans ces conditions l'eau de surface.

b) Extension des nappes de captage qui se rapprochent des agglomérations et de puits perdus creusés depuis plusieurs années : infiltration des eaux du village jamais épurées ou des eaux d'installation de type industriel reinjetées dans le sol. Mise en solution de terril, déplacés et acidification des eaux de pluie.

c) Déboisement inconsidéré, lotissements ruraux, zonings industriels le long des nouvelles autoroutes, terrassements, grands travaux, rabattement des nappes qui ne subissent plus de filtration suffisante.

d) Possibilités de déversement accidentels: tonnages transportés par route et autoroute s'accroissent dans les pays industrialisés, circulation et accidents augmentent (20 tonnes de dichloroprane dans un fossé = ± 10 tonnes d'Hcl), nombres de citernes d'essence et réservoirs à mazout augmentent dans chaque ville, etc.

Donc certains dépôts, transport et activités industrielles constituent une menace sérieuse pour la qualité des eaux (infiltrations et transport d'hydrocarbures, épandage d'engrais chimiques et pesticides, certains produits toxiques: cyanure, plomb, etc.

2.2 La pollution de l'air

On entend par pollution de l'air, toute émission dans l'air, quelle qu'en soit la source de substances gazeuses, liquides ou solides, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine, de nuire aux animaux et aux plantes ou de causer un dommage aux biens ou aux sites. L'assainissement de l'air est différent de celui des eaux par la plupart de ses aspects et pour diverses raisons:

- Il y a toujours de l'air et de qualité plus que suffisante sauf exception lors des confinements. La diffusion se fait dans les trois directions au lieu de plus ou moins une seule pour l'eau de rivière et ces directions ne sont pas constantes comme celle d'une rivière, d'où introduction d'un facteur de probabilité.

- Difficulté de traitement de l'air en général car sa solubilité = faible, réactions très incomplètes ou lentes, très grands volumes à traiter => d'où coûts souvent importants.

- Absence de stratégies d'efficacité prouvée, valables en plusieurs endroits ou valables à la fois pour les sources fixes et mobiles, pour les sources industrielles et domestiques.

- Méconnaissance des effets à long terme de certains polluants sur l'homme ou sur l'environnement Ex : "trou d'ozone", pluies acides, etc.

Les dégâts causés à l'air n'ont donc été sérieusement pris en compte qu'aux environs des années 60, bien après la prise de conscience des problèmes d'eau.

2.3 La pollution par les déchets solides

Les dégradations dues à l'épandage sauvages des déchets solides domestiques et industriels n'ont été reconnues que plus récemment encore: ses aspects repoussants, odeurs nauséabondes, incendies spontanées ou non, prolifération des insectes et rougeurs, dissolution possible de certains composés nocifs par les eaux de pluie et infiltration dans les couches aquifères.

2.4 Les types d'effets de la pollution sur la santé

Les conséquences de la pollution sur la santé peuvent selon les concentrations de polluants être de plusieurs types nettement différents:

2.4.1 Effets toxicologiques

Lorsque le ou les polluants sont identifiables la ou les lésions sont objectivables sans discussion et leur gravité est proportionnelle à la dose du polluant présent. Ex: Pollution d'une rivière par un insecticide (endosulfan) et nombre de poissons morts en aval du point de rejet.

Des telles conséquences de type toxicologique sont peu fréquentes et résultent le plus souvent des circonstances accidentelles. Le lien entre la cause et l'effet y est toujours direct, souvent spécifique et reproductible expérimentalement.

2.4.2 Effets épidémiologiques

Lorsque, comme c'est généralement le cas, plusieurs polluants agissent ensemble ou bien lorsqu'ils agissent en même temps que d'autres causes. Des polluants restent identifiables et mesurables, mais la gravité des signes constatés n'est plus exactement proportionnelle aux concentrations, ou n'affecte pas la population de façon homogène. On peut donc décrire un effet des polluants du milieu au niveau épidémiologique, c'est-à-dire d'un grand nombre de personnes.

Cet effet n'est plus spécifique, il est du même ordre de grandeur que celui d'autres variables indépendantes telles que l'âge, les conditions météorologiques, etc. La relation dose par effet n'est démontrable que grâce à une analyse épidémiologique qui consiste principalement à analyser de grandes populations et à éliminer par un moyen quelconque les variables interférentes ou indésirables.

2.4.3 Les effets écologiques

Les polluants de l'air, de l'eau ou du sol peuvent exercer une action néfaste sur le milieu en général et la modification du milieu exerce à son tour son effet sur l'homme.

Contrairement aux deux cas précédents, l'effet sur la santé ou sur les organismes vivants devient indirects. Ex: rejet du SO₂ par les cheminées à 150m des centrales électriques en Europe occidentale -->provoque une

acidification des pluies dans le sud de Suède. Comme le sol y est de type granitiques et l'humus relativement pauvre, son pouvoir tampon est faible: le sol s'acidifie(diminution de la production piscicole);

- La libération d'hydrocarbures incomplètement brutes dans la stratosphère par les avions supersoniques, pourrait provoquer une destruction de la couche d'Ozone stratosphérique qui constitue une barrière à l'arrivée des rayons ultraviolets à action érythémateuse.

Les concentrations des polluants qui peuvent exercer un effet sur le milieu naturel(plantes, radiation solaire, acidification des pluies, etc.) sont 10 à 100 fois plus faibles que celles qui agissent au niveau épidémiologiques. Le délai d'apparition des effets est généralement assez long(cas d'espèces) et les effets sont parfois difficilement réversibles.

2.4.4.Effets Sociologiques, Psychologiques ou sentimentaux

Au delà des notions de toxicité ou d'effets physiologiques, la nuisance due au bruit, aux polluants de l'air et de l'eau tient également à la façon dont est vécu le déversement dans un milieu naturel ou dans un patrimoine collectif, de substances considérées comme étrangères à ce milieu, déchets d'activités humaines plus ou moins bien acceptées.

Ex: A 15 km d'une usine de pâte à papier, introduction d'une plainte de la population avec certificats médicaux à l'appui qui accuse les odeurs de l'usine comme la cause des troubles gastriques(vomissements) de quelques femmes de la localité d'âge compris entre 45 et 60 ans.

Dans ce cas, la liaison entre la pollution et ses conséquences devient de type subjectif et sentimental. Elle n'en est pas négligeable pour autant, car ses conséquences sur l'état de santé peuvent être réelles. Aux U.S.A., 60 à 80% des plaintes relatives à la pollution de l'air ne concernent, selon la ville que des odeurs c'est-à-dire des pollutions perceptibles par les sens, à des concentrations des loin inférieures à celles qui sont capables d'éveiller le moindre signe pathologique chez l'homme.

L'inexistence des règles d'aménagement du territoire censées ou respectées, la pollution entraîne de multiples réactions d'ordre sociologique ou psychologique dans les diverses couches de la population. Ces réactions sont provoquées par toute pollution atteignent les limites de la perception sensorielle(olfactive, visuelle ou auditive).

Chapitre III. La taille des problèmes

Les problèmes de pollution de l'air, de l'eau ou du sol peuvent se poser d'une façon générale à des échelles très diverses dans le temps et dans l'espace. Un problème de pollution peut être très important non par les effets qu'il occasionne mais par l'échelle à laquelle il se pose et par la complexité des moyens à mettre en jeu pour le combattre.

La gêne occasionnée par ces pollutions peut être:

- Personnelle et temporaire, mais de l'ordre local.
- Continue(si effluents rejetés régulièrement)
- Saisonnier
- Régional
- National. Ex : Litiges entre Canada et U.S.A. au point de vue pollution industrielle
- Continental ou global. Ex : transport des polluants atmosphériques à longue distances d'Europe occidentale au sud de la Suède, ou transport des particules radioactives des essais nucléaires autour de tout l'hémisphère nord

pendant plusieurs années.

Chapitre IV: Les eaux

L'eau est indispensable à la vie de l'homme dont le corps contient 70%. Il n'y a aucune activité de la vie humaine où l'eau n'intervient pas.

4.1 . Principales sources de Pollution de l'eau

4.1.1. Les eaux de pluie

Les eaux de pluie dans leur trajet vers le sol, nettoient l'atmosphère et dissolvent ou entraînent mécaniquement les gaz et particules naturellement présentes dans celle-ci, ou apportées par les diverses pollutions naturelles, domestiques ou industrielles.

Les eaux de pluies peuvent aussi ruisseler sur des surfaces(végétaux, bâtiments, toitures,..) et y dissoudre, entraîne ou arracher divers éléments. Les eaux de pluies pourront donc contenir, surtout au début de leur formation:

- Des gaz atmosphériques naturellement présents dans l'air: N₂, O₂, CO₂.
- Des polluants atmosphériques gazeux provenant de la combustion(SO₂, SO₃, NO_x), de la fermentation des matières organiques(H₂S, CH₄, NH₃,..) ou des industries.
- Des bactéries banales ou pathogènes
- Des particules dissoutes ou non dissoutes.

L'utilisation de ces eaux serait seulement pour nettoyer et non se laver les dents avec par exemple.

4.1.2. Les sources naturelles.

Les eaux superficiels et marines peuvent être naturellement polluées par :

- Les écoulements et explosions volcaniques terrestres et maris(gaz,laves,métaux . lourds, etc.)
- L'érosion éolienne et pluviale des sols.
- La fermentation des végétaux(algues)
- Les déjections liquides et solides animales,etc.

Ces diverses sources sont responsables d'apports polluants en particules dissoutes ou non dissoutes(sable,argile,...) en matières organiques, en matières chimiques,en bactéries,...

Les eaux souterraines peuvent également être touchées par CEE type de pollution, mais surtout la dissolution ou l'entraînement des matières constitutives du terrain, pendant la lente infiltration des eaux, qui en définit les caractéristiques.

4.1.3. Sources domestiques

-

Les eaux usées domestiques se subdivisent en :

- Eaux ménagères issues des cuisines, salles de bains, opérationde blanchissage(blanchir le linge, rendre propre), de lavage de locaux.
- Eaux vannes : eaux de W.C chargées d'usines et de matières fécales.

4.1.3.1 Les eaux ménagères

Les eaux de la cuisine proviennent du lavage et de la misson des fruits, légumes et aliments divers. Elles contiennent des matières insolubles(terre,sable,debris divers), des sels(cuisson) et des matières extraites des aliments (matières organiques & minérales ainsi que des graisses(graisses de cuisson).

- Les eaux de salles de bains, du lavage de linge et de vaisselle contiennent des matières insolubles(terre,salissures diverses), des savons, des détergents, des désinfectants(eau de javel,carbonate sodique,...)

- Les eaux de lavage des locaux sont riches en terre, sable et débris divers. Elles peuvent aussi contenir des détergents et des produits à base de chlore ou d'ammoniaque.

4.1.3.2 Les eaux vannes

Ces eaux sont chargées d'urines et dematières fécales : ces matières fermentent et cette dégradation introduit dans l'eau, des matières nauséabondantes et toxiques. Ces matières peuvent contenir en outre, des germes pathogènes, dangereux pour l'être humain.

--> Matières fécales

Chez l'homme, le poids de selles par 24 heures est de 100 à 150 g et d'environ 350 g en cas d'alimentation végétarienne. Les selles sont riches en eau : 75 à 80% leur P.H est proche de la neutralité : 6,2 à 7,2. La composition du résidu sec(25g de résidu sec) est approximativement la suivante :

- Cellulose : 1,20g
- Liquides et insaponifiables : 4,44g
- Protides : 8,41g
- Matières organiques diverses : 7,78g
- Cendres : 3,17g

Les selles ne sont pas stables; les microbes sécrètent des diastases(entymes) hydrolysantes qui transforment l'amidon et la cellulose en glucose, les protéines en acides aminés.

La dislocation progresse en suite en donnant notamment :

* En fermentation acide.

Les glucides --> acides lactique, butyrique propionique,acétique, succinique,etc. + Co2 (produit peu ou non toxiques)

* En fermentation basique :

- Les protides ont surtout pour origine les produits de desquamation de la muqueuse intestinale ainsi que les cadavres de micro-organismes qui pillulent dans le coecum et le colon. Les cendres sont formées de phosphates de Ca et Mg surtout.

---> Urines

Chez l'homme, le volume d'urine en 24 heures est de 1,2 à 1,4 litre par jour, ce qui correspond à un résidu sec de 55 à 70g.

Le P.H est généralement compris entre 5 et 7

La composition du résidu sec est approximativement la suivante :

- Matières minérales : Na⁺ : 5,0 - 6,5g
- K⁺ : 2,3 - 3,0g
- NH₄⁺ : 0,3 - 1,2g

Ca^{++} : 5,15 - 6,25g

Mg^{++} : 0,1- 0,2g

Cl^- : 7,6 - 9,6g

So_4^{--} : 2,0 -2,4g

$\text{P}_4^{\text{O}_3--}$: 3,5 - 4,1g

- Matières organiques :

Urée($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) : 25 -35g

Acide hippurique : 0,1 - 2,5g

Créatinive : 0,5 -2,5g

Acide urique : 0,5 - 1,0g

bases purique : 0,2 - 0,5g

aminoacides, urochrome : 0,3-0,7g

Acides gras,alcools, glucides : 0,5g

4.1.4. Sources agricoles

L'agriculture intensive pratiquée dans les régions développées, entraîne un risque important de pollution des eaux :

- L'usage souvent abusif des engrais à base de Nitrates et de phosphates enrichit les eaux en ces éléments, les algues y croissent et prolifèrent en surnombre. Lors de leur putréfaction, elles consomment l'oxygène dissous, rendront ainsi la vie de la faune aquatique difficile voire impossible.

- L'utilisation des insecticides et herbicides représente un problème majeur de toxicité pour la faune et la flore aquatique et en définitive pour l'être humain.

4.1.5. Sources industrielles

Les importants polluants d'origine industrielle susceptibles d'être rencontrés dans les eaux sont: - **les gaz dissous**

NH_3 : cokeries de la coke(combustible résultat de la distillation de la houille) --> charbon de terre

H_2S : dans les raffinerie du pétrole, extinction du laitier

laitier = sous produit métallurgique utilisé en cimenterie.

CH_4 = cokeries

NO_x = fabrication de $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_3$ et de H_2SO_4

SO_x = fabrication de H_2SO_4 , raffinerie de pétrole

x = procédés à haute température

HCl = lavage des gaz d'incinérateurs de déchets ménagers.

- Matières minérales

Non-dissoutes

divers débris : cendres, sable, terre, les oxydes, particules insolubles(sulfite)

=> Lors de lavage des gaz de l'industries métallurgiques et de fabrication de chaux et du ciment,...

Dissoutes

- Acides(H_2SO_4 , HN_3 , H_3PO_4 ,...): fabrication des acides

- Métaux lourds(Plomb ,... : des industries non ferlyse d'une couche de métal sur un support.
- Bicarbonates, nitrates, nitrites, sulfates, sulfite, chlorures,
- Phosphates: industries diverses, denéigeage des routes, ...

- Matières organiques

Non-dissoutes

- huiles,graisses: dans les raffineries de pétrole, dissoute
- Produits de dégradation thermique(cyanures) lors des raffineries de pétrole
- Matières fermentiscibles: industries agro-alimentaires
- Pesticides: dans l'agriculture.

En fonction des normes, ou distingue: les matières sédimentables:

C'est la partie des matières insolubles suffisamment volumineuses ou lourdes pour sédimer naturellement dans l'eau après un temps fixé. Les unités choisies pour la durée de sédimentation ainsi que la forme du récipient de sédimentation sont conventionnelles. On utilise généralement un récipient conique(cône d'Imhoff) gradué, de 40 cm de hauteur et on mesure la hauteur du dépôt après 2 heures de repos.

- Les matières en suspension

C'est la partie des matières insolubles trop fines pour sédimer naturellement après un temps fixé. On les mesure par filtration ou centrifugation de l'eau puis pesée du résidu séché à 105°C jusqu'à masse constante.

4.2 . Mesures de pollution d'eau

4.2.1. DC0(demande chimique en oxygène)

Appelée aussi oxydabilité, c'est la demande chimique en oxygène. C'est une mesure de substances réductrices présentes dans l'eau. L'unité est le mg d'O₂ par litre. En l'absence de substances réductrices minérales(Fe⁺⁺, NO₂⁻, le SO₂⁼,S⁼), ce sont les matières organiques seules qui réagissent. Ce test donne alors une indication sur la pollution par les matières organiques.

4.2.2. La DBO₅ = DBO - 5 jours à 20 °C

La DBO est la demande biologique en oxygène. C'est la quantité d'oxygène requise pour oxyder les matières organiques biodégradables(fermentiscibles) de l'eau. L'oxygène nécessaire à cette oxydation est présent dans l'eau à l'état dissous.

La mesure s'effectue sur une eau dont on a déterminé à l'avance la teneur en O₂ dissous. On la laisse ensuite reposer à l'obscurité pendant 5 jours (DBO₅)et on mesure alors l'O₂ résiduel. La différence entre les deux teneurs en O₂ indique la quantité d'O₂qui a réagi avec les matières organiques biodégradables.Ce test donne donc une idée de la quantité de celle-ci.

Quand les eaux sont au départ trop riches en matières organiques, la teneur en O₂ tombe à zéro ou bien avant que les 5 jours soient écoulés, On dilue alors l'échantillon avec une quantité connue d'eau pure saturée en O₂. La mesure s'effectue alors sur cet échantillon dilué. Le résultat doit tenir compte de cette dilution. les résultats sont exprimées en mg O₂ par litre.

4.3. Principes des techniques d'épuration

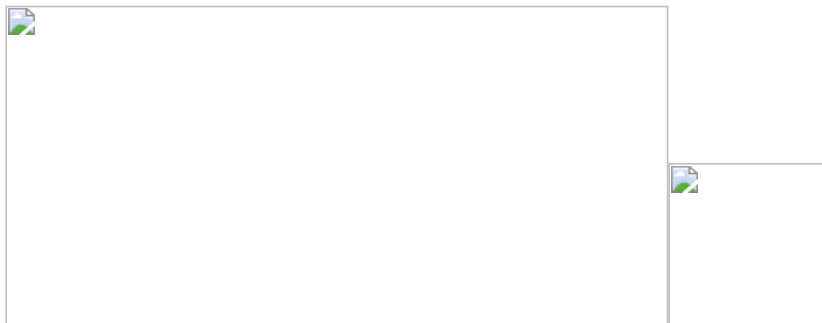
4.3.1 Traitements à caractères physique dominant

6 procédés sont utilisés dont 4 sont destinés à la séparation des matières non dissoutes, le 5e concerne les matières dissoutes et le 6e procédé pour les gaz dissous.

4.3.1.1. La décantation.

Les particules non dissoutes très lourdes ou très volumineuses sont séparées naturellement par sédimentation dans des bassins rectangulaires ou circulaires, appelés "décanteurs".

Schéma



On voit que pour un bon fonctionnement de l'opération, il faut que la particule qui entre en A se retrouve, à la sortie dans la zone des boues, c'est à dire en B. Il suffit que le temps de chute de la particule soit égal au temps de rétention du liquide porteur

* Temps de chute de la particule: où H = hauteur du bassin(m) et V = vitesse de la chute de la particule(m/s)

* Temps de rétention du liquide porteur:

L = longueur du bassin (m)

l = largeur du bassin (m)

Q = débit d'alimentation(m³/s)

On obtient aussi: = => V =

Donc, on constate que la hauteur du bassin n'a pas d'influence sur la séparation des particules. Celle-ci ne dépend que du débit d'alimentation et de l'aire du bassin(aire de décantation).

4.3.1.2. Dessablage

Le dessablage est une opération de prédécantation dont le but est d'extraire des eaux les graviers et sables qui, à cause de leur caractère abrasif, risqueraient d'endommager les pompes et conduites de la station. Il en résulte également un allègement de charge des décanteurs.

Le temps de passage des eaux résiduaires dans les dessableurs devra être limité (plus ou moins 1 minute) afin d'éviter le dépôt de quantité trop importante de particules fermentescibles qui confèreraient ainsi aux sables relevés un caractère gênant. La différence entre décantation et dessablage réside donc essentiellement dans le temps de séjour des eaux résiduaires dans le bassin de sédimentation.

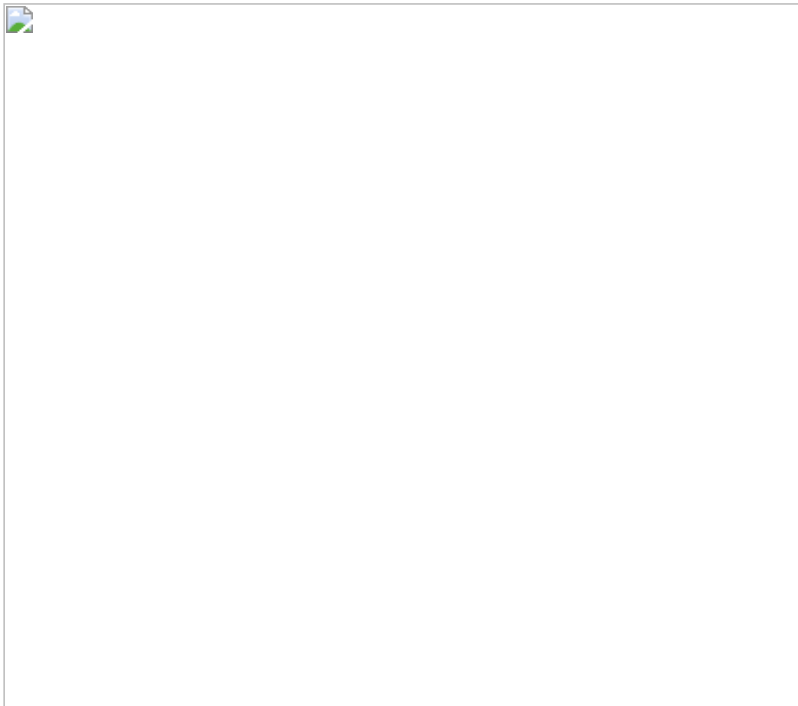
4.3.1.3 La coagulation et la floculation

Une solution colloïdale est une suspension de petites particules (diamètre inférieur à 1 μm) présentant un caractère stable et des propriétés macroscopiques homogènes comme celles d'une solution réelle.

Les particules colloïdales possèdent donc un écran protecteur qui les éloigne l'une de l'autre empêchant ainsi leur agglomération en particules suffisamment grosses pour sédimenter naturellement. Il existe deux types de colloïdes caractérisés par des effets-écran différents:

- Les colloïdes hydrophiles à grande affinité pour l'eau en raison du caractère de certains groupements fonctionnels de leur molécules ($-\text{NH}_2$, OH^- , $^-\text{COOH}$, etc.): savons, détergents, protéines, amidons, etc. La stabilité de ce type de colloïdes est due au rôle écran joué par le film superficiel d'eau qui les recouvre.
- Les colloïdes hydrophobes stabilisés par des charges électriques superficielles de même signe. La plupart des colloïdes hydrophobes des eaux résiduaires sont chargées négativement. Ces colloïdes négatifs attirent alors les ions positifs de la solution de façon à assurer l'électroneutralité. Cette couche d'ions se scinde en 2 couches: l'une fixe formée d'ions positifs (couche de stern) adhérant solidement au noyau l'autre plus diffuse comprenant outre les ions positifs, un certain nombre d'ions négatifs retrouvés dans la solution. On appelle potentiel Zeta, le potentiel mesuré par rapport au liquide existant à la surface de séparation entre la couche de stern et la couche diffuse. Plus ce potentiel est élevé, plus la particule est stable.

Solution homogène



a) Notions théoriques de la coagulation

La coagulation est le phénomène qui provoque la rupture de stabilité de la suspension colloïdale donnant lieu à la formation d'un microfloc. ce phénomène se produit par déshydratation des colloïdes hydrophiles ou annulation du potentiel Zeta des colloïdes hydrophobes.

Les coagulants

Les coagulants sont des électrolytes de charge opposée à celle du colloïde. Leur pouvoir coagulant est d'autant plus grand que leur charge ioniques est élevée(Fe^{+++} est plus efficace que le Fe^{++}). Les principaux coagulants sont de sels de Fe et d'Al : - $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

- FeSO_4 , FeCl_3

Inconvénients des coagulants

Ces coagulants présentent l'inconvénient de réagir avec les bicarbonates de l'eau et d'abaisser ainsi le P.H, d'augmenter la dureté permanente de l'eau ainsi que la teneur en CO_2 , ce qui accroît la corrosivité de l'eau.

N.B.: La dureté permanente de l'eau est due aux sels de Ca et de Mg(chlorures, sulfates...) et les hydroxydes. La dureté temporaire est due aux bicarbonates de Ca et de Mg => disparaît au chaud. La dureté totale est la somme des duretés temporaire et permanente.

La dureté est la mesure de la teneur des eaux en sels calciques et magnésiques dissous(CaCO_3 et MgCO_3 sont insolubles et donc non responsables de la dureté):

Les bicarbonates CaCl_2 , MgCl_2 , les sulfate CaSO_4 , MgSO_4 et les hydroxydes tels que $\text{Ca}(\text{OH})_2$ si les eaux ont été traitées(opération d'épuration chimique). La dureté temporaire due aux bicarbonates disparaît par ébullition. Ce sont les bicarbonates qui incrustent les canalisations d'eau chaude, les bouilloires, etc.

Aide - coagulants

Ces substances, introduites en même temps que les coagulants, ont une action bénéfique sur la coagulation et parfois sur la floculation.

On distingue:

- Les acides et les bases: chaux, CaO , Na_2CO_3 . Ces substances corrigent les variations de P. dues aux précipitations d'hydroxydes de Fe et d'Al.

- Les polyélectrolytes. Ces substances sont des polymères solubles dans l'eau, d'origine naturelle ou synthétique. Leur action bénéfique sur la coagulation résulte de mécanismes très différents.

Les principaux polyélectrolytes naturels utilisés sont les polysaccharides, la dextrine, la gélatine, l'agar-agar, etc. Les principaux polyélectrolytes synthétiques utiles sont le polystyrène sulfonate de sodium ou le chlorure de polyélectrolytes sont toxiques. Leur emploi est donc interdit ou très limité dans le traitement des eaux potables.

b) Notion théoriques de la floculation

La floculation consiste à provoquer la rencontre des microflocs(colloïdes déstabilisés) pour aboutir à la création d'un macrofloc, c'est-à-dire d'un agglomérat de particules pourront aisément sédimenter. Ce phénomène de floculation se réalise en agitant le milieu(pour favoriser la rencontre des microflocs), en maintenant une concentration élevée de microflocs par addition d'eau brute et en ajoutant éventuellement certaines substances favorisant le processus.

Floculants(et Aide - Floculants)

On distingue notamment:

- Les substances à particules volumineuses absorbant(adsorption: pénétration superficielle d'un gaz ou d'un liquide dans un solide, dans un autre liquide) les microflocs:

*hydroxydes métalliques(produits lors de la coagulation, les polyélectrolytes,etc.)

- Les substances alourdissant les macroflocs:

* CaCO_3 (chaux)

* BaSO_4 , etc.

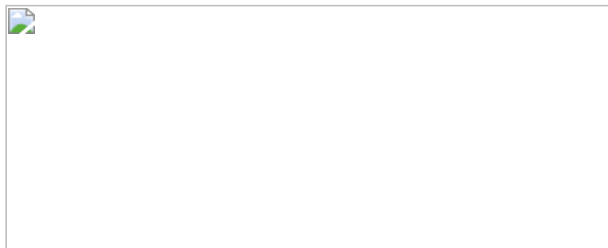
L'opération se déroule généralement en 3 phases:

--> Coagulation: cette opération est effectuée dans une petite cuve de mélangeage. Elle dure 3 à 5 minutes.

--> Flocculation: cette étape se déroule dans une seconde cuve plus grande que la première, généralement munie de tubes d'insufflation d'air permettant une agitation modérée du milieu. Cette agitation ne doit pas toute fois être trop forte car elle provoquerait le bris de microflocs. L'opération dure environ 1/2 heure.

--> Sédimentation: consistant à la poursuite du phénomène d'agglomération des particules(et à la sédimentation de celle-ci). Elle s'effectue dans des décanteurs et se déroule dans une durée d'environ 1/4 heures.

Floculateur - Décanteur



A = cuve de mélangeage

B = cuve de flocculation

C = tubes d'insufflation de l'air ou pale tournante

D = vanne d'extraction des boues

E = Bassin de décantation

F = goulotte d'eau décantée

--> rigole d'écoulement d'eau.

4.3.1.4 La filtration

La filtration est une opération de séparation entre solide et liquide dans laquelle les matières en suspension sont séparées d'un liquide par le passage de celui-ci sur un corps poreux. Le milieu filtrant, retient les solides et laisse passer le liquide épuré.

On distingue:

- Le dégrillage

- Le tamisage

- La filtration sur gâteau

- La clarification

- La filtration sur lit épais.

a) Le dégrillage

Le dégrillage est une filtration grossière à travers une grille. Le diamètre des mailles varie généralement entre 3 et 100 mm.

Le but de cette opération est d'arrêter les gros objets flottants.

=> Pour la filtration d'eau de surface.

b) Le tamisage

Le tamisage est une filtration à travers un tamis dont le diamètre de mailles est de l'ordre du millimètre.

c) Filtration sur gâteau(réservé aux industriels)

Le milieu filtrant est constitué d'un filtre mince(généralement une toile) sur lequel s'accrochent les particules filtrées formant "le gâteau". L'épaisseur du gâteau croît au fur et à mesure que la durée de filtration augmente. La période initiale de filtration est donc caractérisée par l'obtention d'un filtrant impur que l'on peut éventuellement recycler. Cette période est généralement très courte vis-à-vis de la durée totale de l'opération. Au bout de cette période d'initiation, le gâteau est constitué et agit comme milieu filtrant, l'influence de la toile filtrante étant elle-même devenue négligeable. Cette technique est peu répandue dans le domaine de l'épuration des eaux usées domestiques.

d) La clarification

Le milieu filtrant(cellulose, fibres, textiles, fibres de verre, fibres d'amiante,) dispose des très petites orifices. Ces filtres se colmatent très vite, il ne se forme pratiquement pas de gâteau. Ce procédé n'est utilisé dans le traitement des eaux, que comme technique de finition ou de sécurité.

e) Filtration sur lit épais.

Le milieu filtrant est constitué d'une épaisse couche(plus ou moins 1 mètre) de sable dolomique, calcite, charbon actif, etc. Ces matériaux peuvent avoir d'autres effets sur l'eau à épurer:

* Neutralisation(calcaires, dolomie)

* Décoloration(charbon actif,...)

Au travers de ce lit épais, plusieurs effets d'épuration peuvent être obtenus:

--> Tamisage des matières grossières dans les canaux du lit.

--> sédimentation de particules fines.

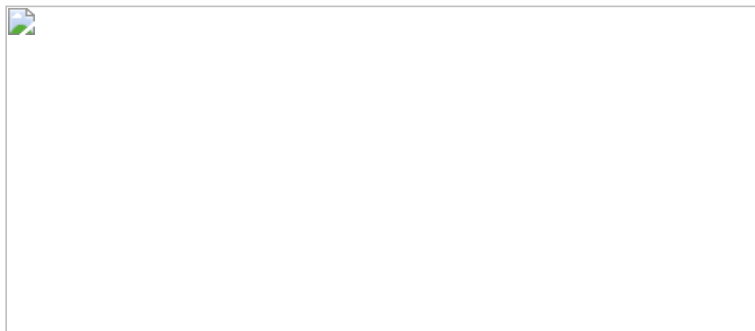
--> Adsorption de particules dissoutes et colloïdales

--> Flocculation de certaines particules fines.

--> Activité biologique qui modifie au cours de la filtration lente les caractéristiques des particules et les rend plus aisément filtrables).

--> Transformation chimique de certaines particules dissous(neutralisation).

Le lavage du lit encrassé se fait à contre-courant d'abord par injection d'air pour détacher les particules captées, puis par un courant d'eau pour éliminer ces particules. Ces filtres peuvent être horizontaux ou verticaux.



4.3.1.5° La flottation naturelle

La flottation naturelle est un procédé gravifique (qui concerne la pesanteur) qui consiste à rassembler en surface des particules non dissoutes, plus légères que l'eau. Le procédé est appelé "Déshuilage" ou "dégraissage" selon qu'il sert à séparer les huiles ou les graisses.

La technique consiste à laisser tranquiliser les eaux dans un bassin, pour permettre aux huiles et aux graisses de se rassembler en surface. Un raclage de la surface permet alors d'éliminer ces matières. Cette technique est généralement pratiquée dans un bassin de décantation muni, en surface, d'un système de raclage.

La flottation naturelle peut être améliorée par l'insufflation de bulles d'air, au sein du liquide, pour augmenter l'interface air / eau. Un flottateur de ce type présente les dispositifs suivants:

- Un système générateur de bulles
- Un système d'introduction des bulles et de mélange des bulles et de l'eau usée.
- Une zone de réparation des matières flottées
- Un système de raclage des matières flottées

Ce système "amélioré" reste toute fois peu répandu dans le domaine de l'épuration des eaux domestiques.

4.3.1.6 Adsorption

Le phénomène d'adsorption est utilisé pour séparer un soluté (matières dissoutes) de l'eau en le fixant à la surface d'un corps solide. Ce procédé convient particulièrement bien pour éliminer les goûts, odeurs et couleurs des eaux.

Les principaux adsorbants sont:

- Les adsorbants naturels: Argiles
- Les adsorbants industriels: Silice activée, le charbon actif. L'adsorbant le plus utilisé est le charbon actif. On peut l'employer:

* Soit additionné en poudre ou en pâte à l'eau brute amenée dans un décanteur (quelque g/m³ d'eau)

* Soit préparé en lit granulaire, placé en colonne au-dessus de laquelle on amène l'eau brute. Ce procédé est nettement plus efficace et plus courant que le précédent.

4.3.1.7 Dégazage et Désorption

a) Dégazage (procédé thermique)

Ce procédé consiste à séparer les gaz dissous dans l'eau en portant le fluide à une température suffisante pour diminuer la solubilité du gaz. Cette opération s'effectue donc par voie thermique, le plus souvent par injection de vapeur d'eau.

b) La désorption (procédé mécanique)

Ce procédé consiste à éliminer les gaz dissous en diminuant leur pression partielle dans la phase gazeuse, et baisse par conséquent sa concentration dans la phase liquide diminue également. L'opération peut se faire par

entraînement du gaz à éliminer par un autre gaz(gaz laveur)

Ex: L'air : Le dégazage n'est pas appliqué dans le domaine de l'épuration des eaux domestiques. La désorption est par contre souvent réalisée. On l'appelle alors "Aération "

4.3.2 Traitements à caractère chimique dominant

4 procédés qui concernent les matières dissoutes dans les eaux

4.3.2.1 Neutralisation

La neutralisation est une opération chimique visant à amener le P.H d'une eau au voisinage d'une valeur fixée. Par exemple: le rejet en rivière d'eaux très acides présente un risque évident de toxicité pour la faune et la flore(P.H tolérés: 6,5 à 9,0)

--> Les eaux acides sont neutralisées par des produits basiques(Na OH, Ca(OH)₂,...)

--> Les eaux basiques sont neutralisées par des matières à caractère acide (Hcl, CO₂,...)

CO₂ --> H₂ CO₃ acide carbonique

4.3.2.2 L'Oxydo - Réduction.

Le potentiel d'Oxydo-réduction caractérise l'aptitude d'une substance à fixer(oxydant) ou en perdre (réducteur) des électrons. La seule application très répandue de cette technique est la stérilisation par chlore. Le chlore est un oxydant ayant une action destructive directe ou indirecte sur les germes. D'autres application moins fréquentes visent à:

* Réduire la toxicité. Ex: le Cr⁶⁺ est très toxique le Cr³⁺ l'est beaucoup moins et en outre, précipite facilement(réduction).

- Préparer d'autres opérations. Ex: Fe²⁺ et Mn²⁺ sont oxydés en Fe³⁺ et Mn⁴⁺ aisément précipitables

4.3.2.3 Précipitation

Ce traitement consiste à transformer une substance soluble gênante en une forme insoluble facile à éliminer par décantation. Ce procédé sert surtout dans l'industrie. Ex: dechromatation, déferisation, démanganisation, élimination de la dureté temporaire ou permanente de l'eau. A nos jour, toutefois, la diminution de la dureté est plutôt obtenue par le méthode de l'échange ionique.

4.3.2.4 Échange Ionique

On appelle échange ionique, la permutation entre deux ions de même signe, l'un en solution, l'autre fixé sur une matrice solide non soluble dans l'eau en contact avec la solution à traiter.

La matrice solide, appelée "échangeurs d'ions" est généralement une résine(substance visqueuse sécrétée par divers végétaux) organique comportant des radicaux susceptibles d'être libérés et échangés. Il existe des échangeurs cationiques et anioniques. Les échangeurs cationiques sont responsables de la permutation d'ions positifs car ils renferment dans leur structure, des groupes acides sulfoniques(-SO₃H) ou carboxyliques(- COOH) capables d'échanger leur proton(H⁺) contre un ion positif.

On distingue:

Les Résines fortes

Ex: * $2R-SO_3Na + Ca^{2+} \rightleftharpoons$

\Rightarrow permutation de Ca^{2+} et Na^+

Les Résines faibles

* $R-SO_3H + Na^+ \rightleftharpoons R-SO_3Na + H^+$

Les échangeurs anioniques autorisent la permutation des ions négatifs grâce aux groupes acides qu'ils comportent tels que les groupes ammonium ($-NH_3OH$) susceptibles de libérer l'ion hydroxyle ($-OH$) et de capter en échange un ion négatif.

Ex: $R-NH_3OH + Cl^- \rightleftharpoons R-NH_3Cl + OH^-$ (permutation de Cl^- et OH^-)

La réaction d'échange ionique est réversible et est régie par une constante d'équilibre.

En pratique, pendant le travail d'échange, on met la solution à épurer en contact avec des masses fraîches successives, disposées par exemple en colonnes de la résine. on arrive ainsi à éliminer totalement l'ion gênant.

Les principales applications de ce procédé sont:

- L'adoucissement des eaux qui consiste à éliminer les ions Ca^{++} et Mg^{++} en les remplaçant par des ions Na^+ ou H^+
- La décarbonatation des eaux qui permet d'éliminer les ions Ca^{++} et Mg^{++} provenant des bicarbonates. Ce type d'échangeurs d'ions dit "faible" ne peut fixer les ions Ca^{++} et Mg^{++} provenant de sulfates et des chlorures. le CO_2 formé est éliminé par dégazage.
- La déminéralisation des eaux qui consiste à remplacer tous les cations présent dans l'eau par H^+ et tous les anions par OH^- et qui nécessite donc une résine cationique et une résine anionique.

Les appareils d'échange ioniques sont analogues dans leur aspect extérieur, aux filtres aux sable verticaux.

Ils permettent les opérations suivantes:

- L'échange ionique par percolation de l'eau sur la résine du haut en bas.
- Le détassage, c'est-à-dire le décrochage des impuretés par envoi d'un courant d'eau à contre courant.
- La régénération de la résine par percolation du réactif de haut en bas.
- Le rinçage de la résine pour éliminer l'excès de réactif par percolation d'eau de haut en bas.

Ces opérations peuvent être commandées manuellement ou automatiquement.

4.3.3 Traitements à caractère biologique dominant

4.3.3.1. Introduction

L'épuration biologique est due à la flore microbienne qui réalise la dégradation des matières organiques dont elle se "nourrit", que ce soit en présence ou en absence de l'oxygène. Cette biodégradation est réalisée par des enzymes sécrétés par les bactéries ou microbes, servant de catalyseurs des réactions de dégradation. Il s'agit bien d'une fermentation biologique. Les bactéries ou microbes utilisées dans ces opérations se scindent en 2 catégories:

- Les autotrophes, qui synthétisent directement leur protoplasme à partir de éléments trouvés dans des substances chimiques tels que N de NH_3 et de nitrates, C de CO_2 , P des phosphates, O_2 de H_2O .
- Les hétérotrophes qui élaborent leur protoplasme indirectement à partir de substances organiques qu'ils dégradent pour les rendre assimilables.

4.3.3.2. Types de biodégradation

a) La fermentation aérobie

Dans le métabolisme aérobie, la matière est partiellement oxydée (pour fournir l'énergie) et partiellement assimilée pour produire de nouvelles cellules. Le rapport entre oxydation et synthèse est d'environ 1/3, 2/3



Principe de l'épuration biologique aérobie

Oxydation: l'oxydation est effectuée avec apport d'O₂ extérieurs (O₂ dissous dans l'eau)

Les glucides et autres matières organiques se transforment en CO₂ et H₂O

Ex: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O - 674 \text{ KCal} \rightarrow \text{énergie}$

=> Réaction exothermique.

Les produits azotés (acides aminés) se transforment en NH₃, puis en nitrites et en fin en nitrates par les bactéries nitrifiantes. Les produits sulfurés s'oxydent en sulfate.

Synthèse: Ces cellules issues des matières assimilées constituent la boue secondaire et doivent être éliminées du système. Cette "biomasse" qui pourrait atteindre 2/3 du poids de la matière épurée est généralement réduite à son tour par un processus biologique soit par digestion aérobie soit par digestion anaérobie.

Les bactéries aérobies responsables de ces mécanismes ne peuvent donc vivre qu'en milieu aéré. Elles dégradent des quantités très importantes de matières organiques en dégageant énormément d'énergie: Un homme de 70 kg produit 1500 à 5000 Kcal par jour, alors que 70kg de bactéries libèrent par jour 10 000 à 1000 000 Kcal. On voit toute fois que la matière organique n'est qu'en faible partie détruite, mais surtout transformée en "biomasse".

b) La fermentation anaérobie

En fermentation anaérobie, le rapport entre oxydation et synthèse est très différent. Les organismes anaérobies n'obtiennent que 20 fois moins d'énergie à partir de la même matière organique de départ et produisent, de ce fait, beaucoup moins de nouvelles cellules.

Ce type de fermentation consiste en une déshydrogénation effectuée sans apport d'O₂ extérieur. Les glucides et d'autres matières organiques se transforment in fine en CO₂ et CH₄

Ex: $C_6H_{12}O_6 (\text{Glucose}) \rightarrow 3 CO_2 + 3 CH_4 - 34 \text{ Kcal}$

Les produits azotés et sulfurés donnent NH₃, N₂ et H₂S --> très nauséabond, mercaptants, etc. Les réactions de fermentation s'arrêtent à divers stades de la transformation en produisant des produits organiques tels que acides gras, aldéhydes, alcool, etc. Les réactions sont plus lentes, dégagent moins d'énergie qu'en fermentation aérobie et peuvent donner lieu à la formation de nombreux produits nauséabonds. Les bactéries

anaérobies responsable de cette fermentation ne peuvent vivre en milieu aéré. Pour libérer une quantité donnée d'énergie, les bactéries anaérobies doivent dégager beaucoup plus de matières organiques que les bactéries aérobies, ces quantités atteignent des centaines et des milliers des fois leur propre poids par 24 heures.

4.3.3.3. Les opérations Aérobie

a) Les boues activées

Principes

Le procédé consiste à provoquer et à maintenir une culture microbienne présente sous forme de floes(boues) en apportant par la voie mécanique ou pneumatique l'O₂ dissous indispensable à ce type de fermentation. L'eau est épurée en continu par cette boue dite activée puis envoyée dans un décanteur où elle est séparée de la boue qui sera partiellement recyclée. Le système ne peut fonctionner que si cette boue se présente sous forme de floe décantant bien.

Les principaux facteurs jouent sur le pouvoir épurateur de la boue sont:

- La température: si celle-ci est basse(<50°C) , il y a ralentissement des activités microbiennes
- L'aération: on constate que pour dégrader 1g de matières organiques dissoutes, environ 600mg d'O₂ sont nécessaires. Les savons et détergents entourent les bulles d'air d'une pellicule s'opposant à la dissolution de l'O₂(concentration moyenne 1 à 2 mg O₂/l)
- La charge d'eau à épurer: conditionne la durée de l'épuration. On remarque que pour dégrader 300 mg de matières organiques par litre d'eau, une période d'environ 4 heures est nécessaire.
- La concentration des boues: celle-ci est maintenue au voisinage de 3 g/l(plus ou moins 300 ml/L après 1/2 heures de décantation si la boue décante bien).
- La présence de substances toxiques pour les bactéries: -métaux lourds
- détergents.

Une station classique d'épuration par boues activées pour eaux urbaines se compose essentiellement de: *

un dégrilleur

- * un dessableur
- *un décanteur primaire
- * un bassin d'aération où se fait l'addition des boues activées.
- * un décanteur de séparation boue par eau (décanteur secondaire)
- * un digesteur (voir opération anaérobies)
- * un lit de séchage des boues digérées.

Le bassin d'aération doit permettre l'injection aisée d'air et la mise de contact interne de la boue et de l'eau à épurer. Ce brassage est obtenu par des turbines ou des dômes poreux. Le brassage ne doit pas rompre les floes. L'excédent de boue est généralement envoyé dans un digesteur puis un lit de séchage(déshydratation).

Schéma d'une station d'épuration par boues activées.



- A = Dégrillage
- B = Décanteur primaire
- C = Bassin d'aération
- D = Décanteur secondaire
- E = Digesteur
- F = Lits de séchage
- G = Effluents
- H = Recyclage des boues
- I = Évacuation des boues excédentaires

b) Les lits bactériens

Principes

Ce procédé présente les mêmes caractéristiques théoriques que le précédent. La biomasse est cette fois fixée sur un support inerte.

Le support (lit) est constitué d'un matériau poreux: coke, scories, granit, pierres, calcaires, matériau synthétique, etc. Il est disposé dans une grande cuve de béton surmonté d'un dispositif d'arrosage de l'eau à traiter (hauteur: 2 à 12 mètres).

La formation de la culture microbienne s'obtient par une alimentation du lit neuf par une eau d'égoût, pendant quelques semaines. Il se développe alors, à la surface du matériau, une masse visqueuse, la biogée. Le processus d'épuration peut alors s'installer. On l'améliore en assurant sur le lit un débit d'air à contre courant par tirage naturel ou artificiel.

Les principaux facteurs agissant sur le pouvoir auto-épuration du lit sont:

- La température
- L'aération
- La charge d'eau à épurer
- Le débit de l'eau: celui-ci ne doit pas être trop élevé, sinon il y aurait lessivage de la biogée. Si le débit est trop faible, la biogée s'épaissira et obstruera le lit.
- La granulométrie et la porosité du lit: la granulométrie du matériau se situe entre 4-8cm

La porosité doit être suffisante pour assurer un bon développement du film biologique, l'écoulement aisé de l'air, de l'eau et des déchets. Plus grande est la porosité, plus sensible est le lit aux variations de température.

- La hauteur du lit
- La présence de substances toxiques pour les bactéries.

Les lits bactériens présentent moins de frais d'exploitation que les bassins à boues activées. Ils sont également moins sensibles aux surcharges (durée moyenne de séjour: <15 min), par contre l'investissement peut être plus élevé. Une installation classique d'épuration par lit bactérien se compose essentiellement de:

- * Un dégrilleur
- * Un dessableur
- * Un décanteur primaire
- * Un lit bactérien
- * Un décanteur (décanteur secondaire)
- * Un digesteur
- * Un lit de séchage des boues digérées.

La distribution de l'eau à épurer sur le lit bactérien est réalisée, le plus souvent, au moyen de bras tournants percés d'orifices. Le temps de séjour dans un lit bactérien est inférieur à 15 minutes.

4.3.3.4 Les opérations anaérobies

Dans les opérations anaérobies, un certain nombre de gaz sont produits dont les principaux sont les suivants:

- CH₄: 50 - 70 %
- CO₂: 25 - 35 %
- N₂: 2 - 7 %
- H₂: 1 - 5 %
- O₂: 0 - 0,1 %
- H₂S: traces.

Les bactéries responsables de la dégradation anaérobies sont très sensibles aux conditions extérieures: la température optimale est de 30 à 35°C, le P;H de 6,6 à 7,4. Le manque de certains éléments vitaux (P, N), l'excès de certains autres (Na⁺, K⁺, Ca⁺, Mg⁺⁺, etc.), la présence d'ions toxiques (Cu⁺⁺, Ni⁺⁺, Fe⁺⁺, Zn⁺⁺, Cr⁶⁺, ou de certaines substances toxiques (détergents) affectent fortement le rendement d'épuration. Il convient donc à précipiter au préalable, les ions gênants.

Cette technique ne peut être réalisée qu'en l'absence de l'O₂, donc dans un réacteur fermé. Elle ne peut donc être envisagée pour que des petits volumes très concentrés en matières organiques: boues, eaux fortement chargées telles que le lisier de ferme, ... Le méthane produit (CH₄) est un bon combustible, intéressant à récupérer dans les installations (de moyennes à grandes).

a) Les digesteurs à boues

Ce traitement trouve son utilité dans la nécessité de supprimer la putrescibilité résiduelle des boues organiques produites par les différents systèmes d'épuration physique, chimique ou biologique. Le digesteur est une cuve fermée, alimentée en boue de façon intermittente ou continue. Les boues, avant introduction dans le digesteur, traversent d'abord un échangeur de chaleur chauffé par l'eau provenant d'une chaudière à méthane issue de dégradation par exemple. Le digesteur est ainsi maintenu à 30 - 35°C.

Le temps de séjour des boues dans le digesteur est de 10 à 25 jours. Les boues après digestion doivent être déshydratées (centrifugation, filtration sur filtre presse ou épandage simple). Elles peuvent être utilisées comme

engrais, comme matériau de remblayage ou être incinérées.

b) Les fosses septiques

Une fosse septique se compose de cuves compartimentées, traversées par l'eau à épurer et jouant simultanément le rôle de décanteur ou de digesteur. Ce système n'est satisfaisant que pour les installations domestiques et non pour les stations de grande capacité car le rendement est plutôt médiocre:

- La température de régime est basse et le chauffage de la fosse pratiquement impossible.
- Le temps de séjour dans la fosse du liquide à épurer est très court(quelques jours) --> 5 à 10 jours. Il peut donc assurer une épuration satisfaisante(20 - 25%). Il y a en outre émission importante de gaz malodorants.

Divers types d'appareils sanitaires

1° Cabinet à fosse

C'est un type très simple où il existe un trou, couvert d'un isoloir et un couvercle. La matière tombe dans la fosse à l'abri de mouches et manipulateurs. Il y a décomposition aérobique qui entraîne le diminution de volume des excréta. Il faut compter une capacité de 60 litres/jour/an. Les parois doivent être garni de pierres pour la consolidation. On prévoira une dimension telle qu'elle puisse durer 5 à 10 ans. Il faut prévoir une place où l'on pose les pieds. Donc, les conditions de propreté doivent être observées. Si non, la latrine ne sera pas utilisée.

Avantage: C'est un bon système économique et sûr.

Désavantage: Mais, il faut que le sol soit ferme pour supporter le trou et que la nappe aquifère soit au moins trois mètres en dessous de la fosse.

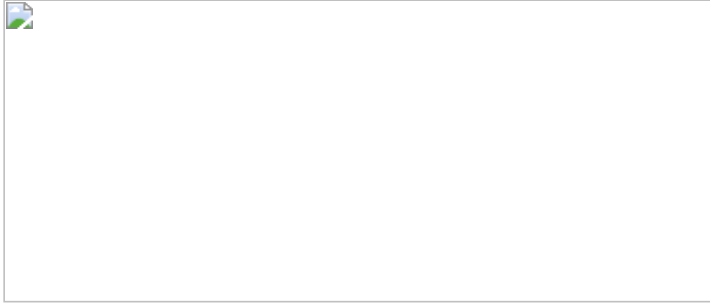
2° Cabinet à eau

C'est un cabinet muni d'un réservoir d'eau. Les matières fécales sont recueillies dans l'eau. La fosse doit être étanche. En général, la profondeur et l'apport d'eau par jour sont modestes. L'eau est fournie soit par lavage anal, soit par usage(versement après usage) soit par lavage de lieu. 40 litres suffisent pour ce type de cabinet. Au bout de 6 - 8 ans, il y a dépôt de boue qui diminue le volume disponible.

Avantage: méthode hygiénique, méthode peu coûteuse à l'entretien.

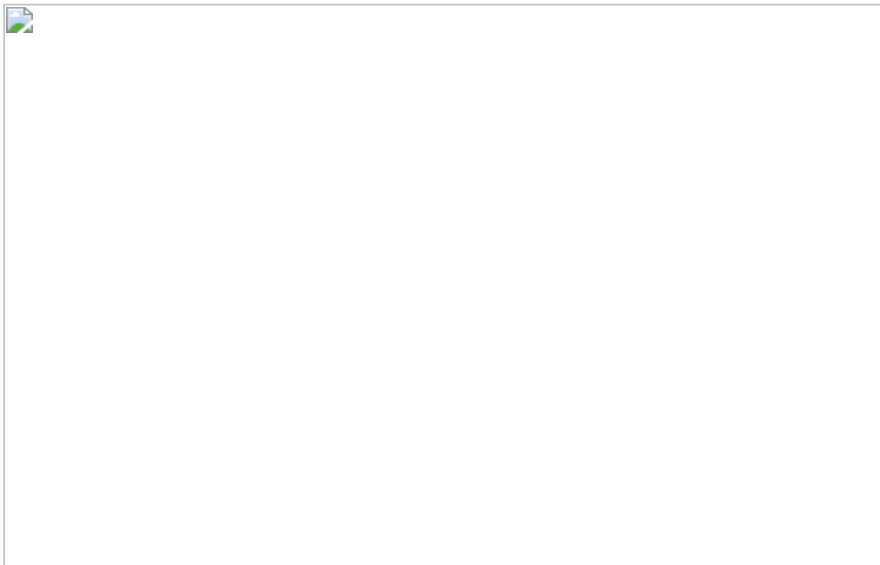
Désavantage: - faire attention à l'effluent

- coût d'investissement élevé
- comme l'eau s'achète, élève le coût de l'usage de cette méthode.



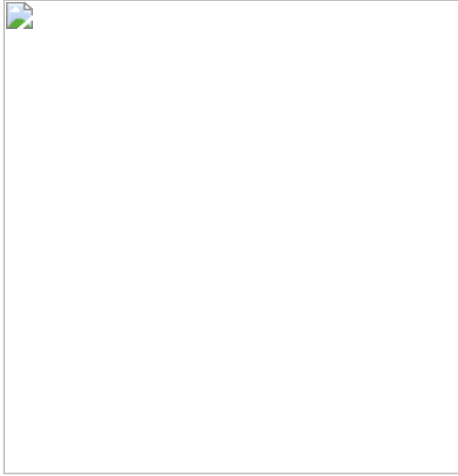
3° Latrine à siphon hydraulique

Elle peut être installée dans une maison car le siphon protège d'odeurs. C'est une méthode sans danger pour les enfants, peu coûteuse mais qui demande de l'eau. Son entretien est méticuleux et permanent. Le nettoyage doit être en eau. Il faut éviter l'usage de corps solides dans la cuve des w.c. cette méthode est moins adaptée pour des lieux publics.

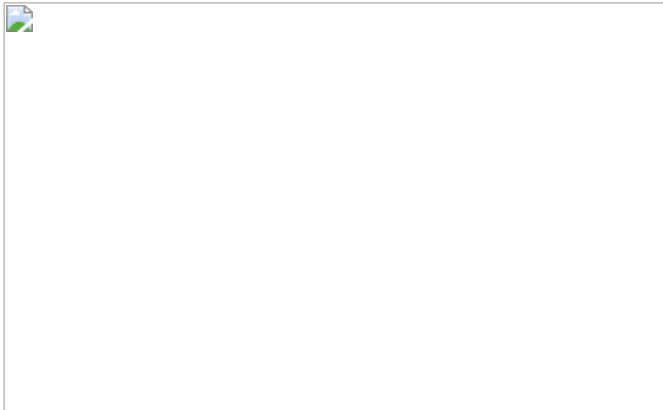


4° Latrine en trou foré

C'est une fosse comme la fosse arabe, mais avec une petite capacité. Elle peut avoir 6m de profondeur et 40 cm de diamètre. elle dure 2ans et est utilisable tout au plus par une famille de 5 à 6 personnes. Une fois pleine, on bouche le trou et on fore un second. Il faut toujours prévoir un coffrage jusqu'en construisent le pavé, il y a risque que la terre tombe et bouche le trou(comme il est trop petit). c'est un système bon marché mais peu durable.



5° Les feuillées



Ce sont des petites fosses de 30x30x40cm on y jette de terre sur les matières déposées. après 100 à 150 selles, on recouvre ces matières avec la terre, en 2 -6mois, l'humus est utilisable comme engrais. La digestion de ces matières est assurée par l'air du sol et les saprophyte.

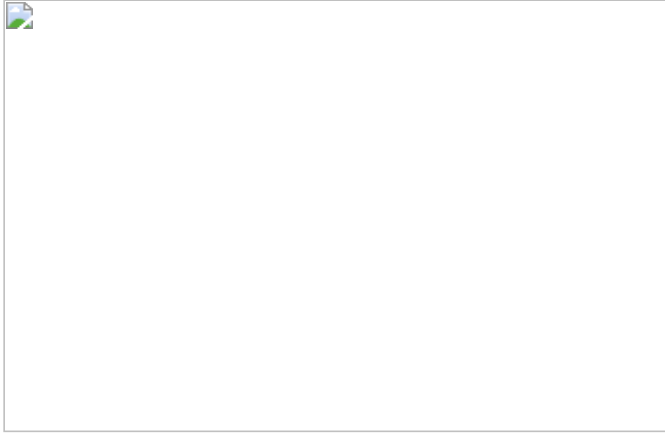
Inconvénients: Les larves des antylostomes peuvent remonter est les mouches peuvent facilement s'y poser. Il y a par ailleurs un danger de contact des matières avec les animaux. ce système est donc temporaire.

6° Latrine suspendue

C'est une forme de latrine qu'on trouve dans les zones côtières ou dans une zone inondée. La maisonnette est surélevée au dessus de l'eau => d'où les matières fécales tombent directement dans l'eau. Cette matière est acceptable si l'eau salée a un rapide courant. L'eau doit; être aussi profonde.

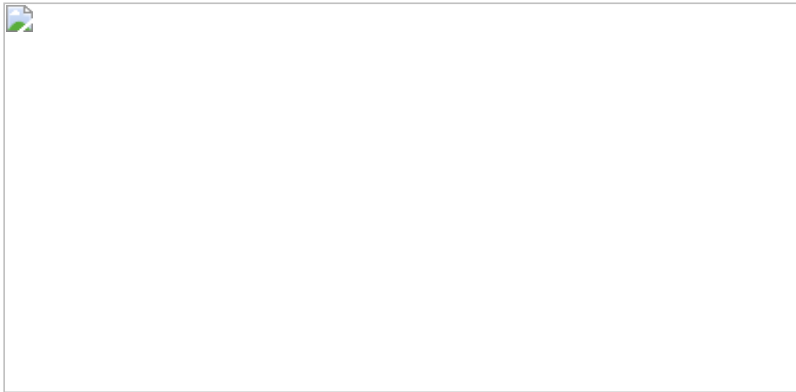
7° Toilette chimique

C'est une toilette souvent utilisée dans des maisons isolées, les avions, trains, bateaux. Elle utilise l'hydroxyde de Na(qu'il faut acheter !) pour la desodorisation et la liquéfaction des matières fécales. Il faut toujours la chasse d'eau pour le vidange.



La fosse septique

La fosse septique est souvent accompagnée d'une latrine à siphon hydraulique. Elle est la solution pour l'hydrogène; mais nécessite une surveillance attentive. Elle recueille les eaux vannes ou eaux excrémentielles(toilettes) et ménagères.



Normes d'une fosse septique

Les liquides(& matières) dans une fosse septique doivent y séjourner pendant au moins 5 à 10 jours. Une fosse trop petite ne permet pas le séjour suffisant dans le stade d'anaérobiose => Ce qui implique une fermentation incomplète. Une fosse trop grande permet une stagnation trop prolongée et l'arrêt de la fermentation.

- S'il y a trop d'eau ménagère, la dilution est trop augmentée et il y a arrêt de l'autolyse.
- S'il y a trop peu d'eau ménagère, le résultat est le même car l'azote augmente et il y a alors arrêt de l'autolyse.
- S' il ya trop de corps gras, il faut installer une boîte en graissage afin de débarrasser les eaux usées de la graisse qui ne permet pas l'autolyse. S'il y a des détergents, il y a inhibition de fermentation aérobies et anaérobies.

L'utilisation importante des antibiotiques comme dans les hôpitaux entraîne le séchage de la fosse septique et le mort biologique. Il faut alors les diluer en mettant trop d'eau dans la fosse septique.

Quelques normes pour les installations sanitaires en milieu rural africain

1. **Emplacement:** au moins 10 mètres de la maison, mais pas plus de 30 mètres. il doit par ailleurs situé à 50 mètres au moins d'une source d'eau.

2. **Trou:** une profondeur de 5 mètres. En sol rocheux, il est parfois nécessaire de se limiter à 3 mètres de profondeur. Un diamètre de 60 à 100 mètres est à conseiller.

3. **Plancher:** Une dalle en ciment convient le mieux. Elle est facile à nettoyer. On peut la déplacer quand le trou devient rempli. En défaut, une dalle d'arbre et de terre argileuse convient pourvu que:

- les branches d'arbres soient solides,
- les espaces entre les arbres soient bien bouchés de sol
- la surface soit lisse et facile à balayer.

4. **Orifice:** de 60 cm de longueur, 20 cm au moins de largeur et muni d'une couvercle en bois munie d'un manche.

5. **Maisonnette:** Elle doit être assez haute pour permettre à quelqu'un de se tenir debout à l'intérieur. On doit prévoir des espaces entre les murs et la toiture pour laisser circuler l'air. Mettre une porte assez grande, mais avec une protection contre l'entrée des bêtes.

6. **Protection contre l'érosion:** des herbes seront plantées autour de la maisonnette pour tenir le sol. Des rigoles seront faites tout autour pour détourner le ruissellement des eaux de pluie.

7. **Entretien:** on doit:

- balayer le plancher chaque jour
- enlever toute saleté qui tombe aux abords de l'orifice,
- interdire de jeter dans le trou des objets solides, du linge, des morceaux de bois. Ces objets se décomposent très lentement et remplissent vite le trou.
- laisser tomber au fond du trou une fois par semaine des papiers brûlants ou des herbes brûlantes, ceci pour éliminer les odeurs.

8. Il faut **remplacer l'installation:**

- si la maisonnette est détruite
- quand le trou devient rempli. Le trou est rempli quand les matières arrivent jusqu'à 1 mètre du plancher. Pour détruire l'ancienne installation, il faut: brûler la maisonnette, remplir le trou du sol, planter un arbre fruitier dans le trou. Toutes les matières décomposées dans le trou donneront un bon engrais à l'arbre. Il n'y a aucun danger de manger les fruits de cet arbre.

Au sein d'une Zone de santé ou de l'aire de santé, on cherchera à déterminer:

- % de ménages qui utilisent une latrine en bon état, au cours du trimestre et au cours de l'année. Pour avoir ce chiffre, il est bien entendu important d'avoir le nombre total de ménages dans la zone ou l'aire de santé.

4.3.3.5. Les opérations mixtes

a) L'auto - épurateur

On appelle auto-épurateur, l'ensemble des opérations de dégradations aérobie et anaérobie se produisant naturellement dans les rivières, lacs, étangs;... Les facteurs principaux agissant sur le caractère auto-épurateur d'un cours d'eau sont la turbulence et la température. Si la turbulence est élevée, la dissolution d'O₂ est importante. Ce qui favorise les mécanismes de dégradations aérobie. Par contre une turbulence faible sera propice à la fermentation anaérobie. Une basse température améliore la dissolution de l'O₂ et, par conséquent, favorise la

fermentation aérobie. Les dégradations aérobie se produiront donc particulièrement en eaux superficielles, fraîches et agitées. La fermentation anaérobie apparaîtra surtout en eaux profondes, chaudes, calmes et peu ensoleillées.

b) Le lagunage(étang naturel)

Ce système d'épuration naturelle, connu depuis des siècles, consiste en une série d'étangs dans lesquels les eaux entrent à une extrémité et sortent à l'autre. Les eaux y subissent un traitement naturel physique(décantation) et biologique aérobie(en surface) et anaérobie(en profondeur). Ce système n'est applicable qu'aux régions où le prix du terrain est faible et jamais donc au voisinage des villes.

4.4. Les eaux potables

Les eaux potables ont toutes pour origine le même réservoir: l'eau atmosphérique, de faible rendement, mais se répartissent en deux classes distinctes pour lesquelles les problèmes de pollution sont d'origine très différentes: les eaux profondes et les eaux de surface.

Les eaux profondes sont des eaux de pluie infiltrées naturellement dans le sol, dans des surfaces de captage plus ou moins en profondeur, pour la distribution publique. Ces eaux sont généralement très pures bactériologiquement car la filtration par le sol a été efficace. Elles contiennent rarement des polluants pour la même raison, mais peuvent avoir dissous certaines substances du sol qui leur confèrent des caractères peu agréables(chaux, magnésium) --> D'où dureté excessive, fer dans les terrains sablonneux, d'où coloration et précipitation jaunâtres lors de l'aération. Ailleurs, éléments toxiques à concentration élevée dans les eaux prélevées sur anciens terrains volcaniques. Les eaux profondes peuvent occasionnellement être polluées par des substances épandues sur la surfaces de captage(engrais soluble dans l'eau, pesticides utilisés sur le sol, dépôts d'immondices, lisier, égouts des villages ruraux, et.

4.4.1. Caractéristiques des eaux naturelles

Ces eaux peuvent être polluées par: des substances minérales.

* Sources de ces substances: attaque des roches et des sols par les eaux de ruissellement ou de percolation à travers la croûte terrestre.

* Éléments principaux:

cations: Ca, Mg, Na, K, Fe, NH_4

anions: HCO_3 , SO_4 , Cl, NO_3 , NO_2 , Si O_2

* Influence de la nature du sol:

- Zones de calcaire CaCO pur: surtout $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

- Zones sableuses: eaux peu chargées et acides

- Zones gypseuses: surtout chargée de CaSO_4

- résidu sec important

- Mg, Na, Cl en quantités notables.

- Zones argileuses: tous les ions sont présents en quantités importantes, peu de bicarbonate(HCO_3)

- Zone cristallines: --> NaHCO_3

* Influence de temps de contact: plus la durée de contact est élevée, plus l'eau sera chargée et dépend de la nature de terrain.

- Les eaux ferrugineuses: n'apparaissent que lorsque l'oxydation(avec précipitation) n'a pas pu avoir lieu(eaux souterraines) ou lorsque le fer est complexé dans des ions organiques(le plus généralement). Le manganèse accompagne fréquemment le fer.

-Les ions NO_3 , NO_2 , NH_4 et le fluor sont rarement origine naturelle. Il en est de même pour les ions PO_4 .

* Substances gazeuses: O₂, N₂, CO₂ l'O₂ et le CO₂ Proviennent essentiellement de l'atmosphère. Le CO₂ provient de la fois de l'atmosphère et des réactions de fermentation aérobie(avec O₂) et anaérobie(sans O₂) présentes dans le sol. D'autres gaz de même origine peuvent apparaître dans l'eau: CH₄, NH₃, H₂S.

LES EAUX DE SURFACE

* Substances organiques: Dans les eaux de surface ou les eaux peu profondes, peuvent s'y trouver:

- Les matières végétales fines et en décomposition(matières humiques confèrent des couleurs aux eaux
- Les produits de digestion animale
- Les produits de métabolisme des algues et champignons(généralement producteurs de goûts odeurs et couleurs).

Ces matières flocculent aisément en présence des minéraux. C'est pourquoi les eaux de minéralisation moyenne a élevée, sont généralement peu changées en matières organiques.

*Substances vivantes(non dissoutes):

- Les micro-organismes de la faune et de la flore.
- Les saprophytes se développent grâce à la matière organique non vivante. Ils ne causent pas de maladie à l'homme et ont une action bénéfique sur auto épuration dans le sol et l'eau. Ces micro-organismes disparaissent s'il y a absence de matières organiques. Leur absence dans l'eau peut être considérée comme un indice de pureté organique; ou au contraire, leur présence en grandes quantités est un indice de pollution organique.
- Les micro-organismes parasites se développent aux dépens de la matière organique vivante. Une grande partie de cers micro-organismes est pathogène pour l'homme => d'où nécessité de stériliser l'eau.

4.4.2. Paramètres exigés pour l'eau potable)

Une eau potable de qualité doit être limpide, insipide, inodore, incolore, de température basse, dépourvue de radioactivité. Le PH doit être supérieur à 6,5. Ces caractères sont couverts par des normes plus ou moins bien définies.

4.4.2.1 Paramètres organoleptiques

C'est à dire capables d'impressionner un récepteur sensoriel.

- **couleur**: 20 mg/ l Pt / Co. C'est une comparaison visuelle ou colorimétrique par rapport à une solution contenant du Pt et du Co(solution jaune-brune).
- **turbidité**: 4 NFU. On fait une comparaison par rapport à une suspension de référence constituée par une substance organique, la formazine. NFU = nephelométrie formazine unit.
- **odeur**: 2 à 12 °C) et **saveur**: 3 à 25°C)taux de dilution

Dilution jusqu'à absence perceptible d'odeur(ou de saveur):



A = ml d'échantillon

B = ml d'eau de dilution.

L'unité 1 signifie qu'on a pas dû diluer

L'unité 2 signifie qu'on a dilué 1 fois, etc.

taux de dilution

4.4.2.2 Paramètres physico - chimiques en relation avec la structure des eaux

- température: 0 °C - 25 °C
- Concentration en ions hydrogène: $6,5 < \text{pH} < 9,2$. L'eau ne devrait pas être agressive vis à vis de CaCO_3
- conductivité: 210 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ à 20 °C
- chlorure : 200mg /l
- sulfate, etc.

4.4.2.3 Paramètres concernant des substances indésirable(en quantité excessive)

- Nitrates: 50 mg/ l
- Nitrites: 0,1 mg/ l
- Ammonium: 0,5mg/ l, etc.

4.4.2.4 Paramètres concernant les concentrations maximales de certaines substances toxiques

- Arsenic: 50 mg/ l
- Béryllium:
- Cadmium: 5 mg/ l,...

4.4.2.5 Paramètres microbiologiques

- Coliformes totaux : absence dans 100ml
- Coliformes fécaux : absence dans 100ml
- Streptocoques fécaux: absence dans 100ml
- Clostridiiums sulfitoréducteurs: absence dans 20 ml

4.4.2.6. Dureté totale

4.4.2.7. Conductivité

La conductivité permet d'estimer rapidement la salinité(sels minéraux) d'une eau.
Les colloïdes et les matières organiques ne sont pas détectés par ce test, car ils sont peu ou non conducteur.

4.4.2.8. Oxydabilité(DCO) demande chimique en Oxygène qui mesure des substances réductrices présentes dans l'eau. Elle est mesurée en mg O_2 par litre. En absence de substances réductrices minérales(Fe^{++} , NO_2^- , SO_3^{2-} , S^{2-} ,...), ce sont les matières organiques seules qui réagiront. Ce test donne alors une indication sur la pollution par les matières organiques.

4.4.3. Traitement des eaux destinées à la distribution d'eau potable.

Le traitement des eaux potable est relativement simple si celles-ci sont propres au départ. La composition de ces eaux est relativement connue et stable au point de vue chimique comme au point de vue bactériologique. Le traitement de ces eaux va consister à:

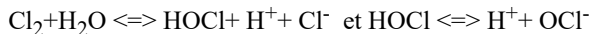
- Lutter contre les imperfections physiques: décantation, coagulation, floculation, filtration et aération,
- Lutter contre les imperfections chimiques: correction de l'agressivité(acidité, CO_2 dissous, basse teneur en O_2 dissous), correction de la dureté.
- Lutter contre les imperfections biologiques pathogènes ou non: stérilisation le plus souvent par chloration.

4.4.3.1. La stérilisation des eaux

Les agents de stérilisation les plus utilisés sont le chlore et les dérivés.

a) Effet stérilisant du chlore et de ses dérivés

L'introduction du chlore dans l'eau conduit à son hydrolyse.



Selon le pH, la répartition de différents composés est la suivante:

$\text{P.H} \leq 4$: Cl_2 dissous

$4 > \text{pH} \leq 5,6$: HOCl (acide hypochloreux) non dissocié

$5,6 > \text{pH} \leq 10$: HOCl et OCl^- (acide et ion hypochloreux)

$\text{P.H} > 9$: OCl^- (ion hypochloreux). N.B.: $\text{HOCl} \rightarrow$ La forme de chlore la plus active dans la stérilisation.

b) Mode d'action du chlore

L'action destructrice du chlore et de ses dérivés sur la cellule vivante provient surtout d'un effet d'inhibition enzymatique. La cinétique de la stérilisation dépend donc:

- de la vitesse de diffusion des composés chlorés à travers la membrane cellulaire.
- de la vitesse d'inhibition des enzymes situés à l'intérieur de la cellule.

La stérilisation augmente avec:

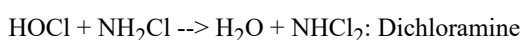
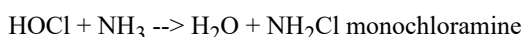
- La température: élevée de la cinétique de pénétration du chlore.
- La concentration des composés chlorés
- La durée de contact
- La proportion d'acide hypochloreux (HOCl) non dissocié par rapport à celle de l'ion hypochloreux (OCl^-) qui, en raison de son état ionisé traverse plus difficilement la membrane. L'efficacité de la stérilisation sera donc meilleure pour le bas pH. Pour de raison de qualité des eaux notamment, il faut toutefois chercher à obtenir le pH compris entre 7 ($80\% \text{HOCl}$) et 7,5 ($50\% \text{HOCl}$). Des durées de contact de 10 à 30 minutes sont généralement considérées comme satisfaisantes avec des teneurs de chlore résiduel ($\text{HOCl} + \text{OCl}^-$) de l'ordre de 0,2 à 0,3 mg /l.

Avec des eaux dépourvues de matières interférant avec le chlore, la technique employée est simple si le P.H. de l'eau à traiter est $< 7,5$. On assure la demande de Cl dans l'eau avec un léger excès de façon qu'après 20 minutes de contact, on constate la présence d'un léger excès résiduel de l'ordre de 0,2 mg /l.

Avec les eaux moins pures, le mécanisme devient plus complexe:

* Le chlore est un oxydant très énergétique et un réactif très actif, capable de recombinaison avec d'autres substances (oxydations des sulfures, sulfites, nitrites,...). Il est donc possible qu'une partie de chlore introduit dans l'eau, entre dans d'autres réactions que la stérilisation recherchée. C'est pourquoi on parle toujours du chlore résiduel.

* En présence de certains corps organiques et d'ammoniac, le chlore forme des composés d'addition, les chloramines:



$\text{HOCl} + \text{NHCl}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NCl}_3$; Trichloramine

Ces composés sont instables en présence d'un excès de HOCl:

$2\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$

$\text{NH}_2\text{Cl} + \text{NHCl}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{HCl} + \dots$

Les chloramines ont un effet bactéricide nettement moins poussé que le chlore.

--> Le chlore est 20 à 30 fois actif que le chloramine.

--> La dichloramine est 3 à 5 fois plus active que le monochloramine.

La formation de ces complexes a conduit à la notion de break point.



Comme le montre le graphique ci-dessus, si on applique à une eau pure des doses croissantes de chlore, on constate que le chlore résiduel croît régulièrement de façon identique à la croissance des doses successives de chlore appliqué.

Si la même opération est effectuée avec des eaux contenant des matières réductrices minérales ou organiques et des dérivés organiques aminés ou de l'ammoniacale, on constate que le chlore est d'abord détruit par les matières réductrices (zone 1), la courbe accuse ensuite une allure croissante (zone 2): formation des chloramines, puis décroissance (zone 3: destruction des chloramines). A partir de ce minimum la courbe adopte un comportement identique à celui d'une eau pure (zone 4). Ce minimum appelé "break point" correspond au moment où les chloramines sont totalement transformées en azote moléculaire.

Dans ce type d'eau, les doses de chlore à appliquer peuvent être donc très élevées (jusqu'à 150 mg/l au break point) pour obtenir un effet bactéricide réel. Le processus de chloration est, dans ce cas, très complexe et exige:

- d'ajuster le P.H à 7,5
- d'atteindre le break point
- d'utiliser un temps de contact élevé car la formation et destruction des chloramines ne sont pas instantanées: 30 minutes à 1 h et plus.
- d'effectuer un brassage très énergique lors de l'introduction du chlore dans l'eau de façon à utiliser l'effet bactéricide du HOCl le court moment mais non négligeable; laps de temps où il n'est pas encore en combinaison.



- (1): Zone 1: destruction du chlore par les composés organiques et minéraux comme le Fe^{++}
(2): Zone 2: Formation de composés chlorés organiques et des chloramines
(3): Zone 3: Destruction des chloramines et des composés chlorés organiques
(4): Zone 4: Production de chlore libre et présence de combinaisons organiques chlorés non oxydés

c) Les agents stérilisants chlorés

Outre le chlore liquéfié en bouteille d'acier, les principaux stérilisants chlorés sont:

- * L'eau de Javel:
--> Mélange d'hypochlorite et de chlorure de sodium ($\text{NaOCl} + \text{NaCl}$)
- * L'hypochlorite de calcium ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) en poudre ou en comprimés d'usage très facile .
- * Le bioxyde de chlore (ClO_2): obtenu en mélangeant du chlorite de sodium (NaClO_2) dissous à une solution concentrée de chlore (Cl_2).

d) Les agents stérilisants non chlorés

1°) La permanganate de potassium (KMnO_4)

- Grand pouvoir oxydant des matières réductrices organiques et minérales.
- Persistance douteuse de l'effet stérilisant
- Exige la filtration des hydroxydes de manganèse formés.
- Toxique

2°) L'Ozone (O_3)

- Bon pouvoir stérilisant en l'absence de matières insolubles ou colloïdales.
- absence d'excès
- Destruction de couleurs, odeurs et saveurs

- Inconvénient : - surveillance requise
- coût élevé.

3°) Les rayons ultraviolets

- Efficace en absence des matières insolubles ou colloïdales sur les surfaces à stériliser (lampes)

- Recommandé comme traitement de précaution pour des eaux de bonne qualité biologique
- L'efficacité diminue avec le vieillissement des lampes et le salissement des surfaces optiques
- Coût élevé.

Normes sur l'analyse bactériologique de l'eau

La fréquence d'analyse dépend de l'importance de la population desservie:

Population	Fréquence d'analyse	proportion
< de 20 000 habitants	1 fois par mois	1/500 habitants/mois
20 000 - 50 000 habitants	1 fois par 2 semaines	1/5000 habitants/mois
50 000 - 100 000 habitants	Tous les 4 jours	1/10 000 habitants/mois
> de 100 000 habitants	Chaque jour	1/10 000 habitants / mois

4.4.4. Quelques détails techniques sur les sources d'eau en milieu rural.

4.4.4.1. Type de sources

Les types de sources dépendent de la manière dont l'eau émerge à la surface:

- **Source de déversement:** Quand la source se trouve sur une pente et qu'elle coule. L'eau émerge donc de haut en bas.
- **Source d'émergence:** C'est une source dont l'eau jaillit de bas en haut.
- **Source artésienne:** Il s'agit ici d'un forage, un trou qui pénètre jusqu'à la nappe phréatique.

4.4.4.2. Mesure de débit d'une source d'eau

Toutes les fois que l'on veut alimenter une population en eau, on doit se poser la question de savoir si la quantité convient pour cette population. Ce qui exige de savoir le débit de la source. La mesure du débit de la source dépend de la grandeur de la source. on distingue les sources dont le débit est inférieur ou supérieur à 10 litres par seconde.

- Pour une source dont le débit est inférieur à 10 litres par secondes:

- * On utilise un seau d'une capacité connu, par exemple de 10 litres, avec un chronomètre.
- * Dresser un barrage en argile et y mettre un tuyau.
- * Remplir le seau tout en observant en combien de temps il se remplit.
- * On détermine ainsi par la suite le débit en nombre de litres par secondes. Il est conseillé de faire trois fois cette mesure de débit et considérer par la suite la moyenne de ces 3 mesures.

- Pour une source dépassant 10 litres par secondes, elle forme rapidement une rivière. On prend alors la mesure du débit de la rivière. Trois éléments interviennent pour réaliser cette mesure. Il s'agit du coefficient A, de la surface de la rivière(S) et de la vitesse d'écoulement de l'eau(V).

* Le coefficient A est fixé à 0,9 pour les rivières à parois crépies, et de 0,5 pour les rivières à parois non revêtues.

* Pour calculer la surface, on doit déterminer la forme géométrique que prend la rivière. Le plus souvent, les rivières ont une forme trapézoïdale. Dans ce cas, la surface est calculée sur base de cette formule:



où B = grande base(surface de la rivière, b = petite base(lit de la rivière) et h = hauteur qui est la mesure allant du lit à la surface de la rivière.

* Pour calculer la vitesse d'écoulement de l'eau, on prend au départ une distance bien déterminée. On prend par la suite un corps solide pouvant flotter. On le laisse flotter sur la distance déterminée tout en vérifiant sur le chronomètre le temps que va prendre le corps flottant entre les 2 limites de la distance prédéterminée.

Alors, ces 3 éléments réunis, on peut calculer le débit selon la formule suivante:



4.4.4.3. Prospection

Tout peut partir d'une plainte soit de la population soit d'une maladie diarrhéique qui peut être indicateur d'un contact éventuel entre l'eau et les matières fécales. La constitution d'un comité développement doit être la première chose à faire s'il n'existe pas encore. Dans la prospection, on doit inventorier toutes les sources, mesurer leurs débits, puis déterminer la source à aménager. Tous ces travaux préliminaires doivent se faire avec le comité de développement. C'est aussi avec ce comité que l'on estime les besoins financiers, matériels(pour une source rurale, on peut utiliser 5 sacs de ciment, 2 chargements de sable, 2 chargements de gravier) et humains(séjour du technicien et des ouvriers). On discute par la suite qui prend quelle charge(population?, Zone de santé rurale?, faut - il faire un projet de demande d'aide de l'extérieur.

4.4.4.4. Aménagement de la source d'eau

1° Source de déversement sur un sol argileux

- Creuser longitudinalement jusqu'à atteindre la nappe phréatique. Généralement, elle se trouve à 1 - 1,5 mètres de profondeur.
- Faire un petit fossé dans la couche imperméable comme base pour le filtre.
- Constituer un barrage avec de l'argile au delà de la fossé
- Mettre un tuyau qui permet de rejeter l'eau plus loin afin d'avoir un endroit sec.
- Construire une fondation et élever un mur en béton(bien coffré) derrière le barrage d'argile(épaisseur du béton doit être de 0,20 à 0,30 cm. La dose du béton est toujours de 400 kg/m³, c'est qui veut dire pour 1 m³ de béton, n doit utiliser 8 sacs de ciment, 0,8 m³ de gravier et 0,4m³ de sable.
- Élever le filtre en mettant d'abord le moellon(pierres), puis le gravier pour arrêter les particules qui viennent avec le courant de l'eau.
- Le tuyau est alors bien installé, la partie qui dans le filtre étant perforée pour permettre l'accès de l'eau dans le tuyau. La distance entre le lieu de puisage et le lieu de captage dépend de la pente, en sorte qu'il faut qu'il y ait au moins 50 cm entre la sortie du tuyau et le lieu où la femme mettrait son seau pour puiser. Il est dit qu'elle doit être de 2%.
- Construire un béton au dessus du filtre pour couverture. Cette couverture pourrait avoir un trou de vision qui aiderait à regarder de temps en temps à l'intérieur si c'est nécessaire.

- Au lieu de puisage, construire une maçonnerie en mortier(en ciment et sable) qui soutient le tuyau. Ce mortier aura le même principe de dosage que le béton, sauf sans moellon bien sûr. On utilisera dans 1 m³ de mortier: 8 sacs de ciments et 1m³ de sable(mélange fait jusqu'à avoir un aspect ± élastique).
- Comme ce lieu de puisage paraît bas, des escaliers seront aménagés pour permettre aux mamans de descendre vers le tuyau.
- Au de là de ce murs, on remblayera avec de la terre allant jusqu'au béton qui couvre le captage.

Normes de protection d'une source d'eau en milieu rural africain:

La source d'eau bien capté est de loin la meilleure technique pour avoir de l'eau potable. Si la source d'eau est protégée de toute contamination, tout le monde aura toujours de l'eau potable.

- Du lieu de captage, il faut prendre un rayon de 50 mètres et faire si possible une clôture. Ce rayon doit être inaccessible aux eaux de ruissellement. Ces eaux doivent être drainées en dehors de ce rayon. On pourrait au besoin y planter des cyprès(Attention aux eucalyptus qui sont aussi avides d'eau).
- Du lieu de captage, dans un rayon de 10 mètres, la pelouse sera plantée pour éviter l'érosion.
- Du lieu de puisage, une rigole sera construite pour évacuer les eaux qui auraient tendance à stagner où se tiennent les mamans pour puiser l'eau.
- Des travaux hebdomadaires d'entretien de la source d'eau sont indispensables et seront en charge du comité de développement.

2°. Source de déversement dans un terrain rocheux.

L'aménagement de cette dernière est un peu difficile, mais économique car n'a pas besoin de filtre. Il faut un peu agrandir le trou communicant avec la nappe phréatique. Constituer par la suite un barrage d'argile. De ce barrage, mettre un tuyau qui rejette l'eau un peu plus loin et qui permet la construction en sec de la maçonnerie juste derrière le barrage en argile. Par la suite, installer le tuyau dans la maçonnerie pour recueillir l'eau.

Protection de la source du terrain rocheux.

La protection d cette source demande:

- l'interdiction de circuler dans le terrain juste au dessus de la source.
- une clôture juste autour de la source
- des rigoles au dessus et tout autour de la source pour éloigner les eaux de surface
- l'entretien et un sarclage régulier du sentier d'accès à la source.
- l'interdiction de construire des installations sanitaires dans un rayon d'au moins 50 mètres plus haut que la source.

3° Source d'émergence dans un terrain sablonneux.

L'eau jaillit de la profondeur en prenant la direction de bas en haut. L'aménagement de ce sorte de source est plus compliquée pour les conditions de l'Afrique. Des fûts(superposés si nécessaire) sont utilisés pour obliger l'eau à remplir cet espace dans le fût. La partie du fût qui sera dans l'air sera munie du trop plein et d'un tuyau pour recueillir l'eau. Si le fût n'est pas utilisé, une buse peut aussi faire l'affaire.



Procédure: On pose le 1er cylindre, l'eau commence à monter. On enlève le sable, le fût descend dans le sol. On continue à enlever le sable. Un 2e fût est fixé au précédent. en dernière phase, le dernier fût est muni d'un tuyau robinet et d'un couvercle. On jette les moellons et on soigne l'écoulement.

4° Source d'émergence sur un sol dur.



Au sein d'une zone de santé ou d'une aire d'un centre de santé, le superviseur est demandé de:

- repertorier le nombre de sources dans la zone de santé
- repertorier le nombre de sources aménagées par rapport aux sources dont on a prévu l'aménagement.
- Nombre de sources vérifiées au cours du trimestre
- Nombre de sources trouvés en bon état au cours du trimestre
- Nombre de sources vérifiées au moins une fois depuis le début de l'année
- Nombre de sources trouvés en bon état parmi ces derniers.

- % de sources qui ont été vérifiées depuis le début de l'année
- Parmi ces derniers, quel % est en bon état.
- Quelle est la population qui est desservie par ces sources d'eau vérifiées
- Population qui est desservie par ces sources d'eau vérifiées au moins une fois
- Population totale de l'aire
- % de la population desservie par source d'eau vérifiée
- % de la population desservie par une source d'eau vérifiée et trouvée en bon état.

Chapitre 5: Les déchets solides

5.1. Généralités

Toute activité humaine matérielle consomme des matières premières et produit, à plus ou moins long terme, des résidus.

Dans la société rurale, disséminée sur d'immenses territoires, l'élimination des résidus s'est toujours faite de façon naturelle. Les espaces libres sont suffisamment étendus pour digérer les déchets produits par une population peu dense.

Les grandes villes sont confrontées à ce problème, s'il n'y a pas:

- Un système de collecte systématique de déchets.
- => D'où ils sont purement et simplement jetés dans les rues et les rivières traversant les villes. Ainsi, les villes deviennent d'immenses cloaques(réceptacles des eaux sales, immondices; masse d'eau croupie et infecte, lieu très sale). Dans le temps, les villes Européennes étaient confrontées aux mêmes problèmes. Les tentatives d'efforts se firent dans le 12e siècle à Paris par des privés. La plupart des initiatives furent décidées par le pouvoir public assez souvent pour préparer une ville à une fête exceptionnelle ou une réception de grande apparat(envergure). Peu à peu la manifestation terminée, le temps effaçait les obligations de transporter les détritrus, la discipline se relâchait, les édits et les amendes tombaient en désuétude(non usage) et les villes retrouvaient leur saleté et leurs odeurs. En 1884, Eugène - René Poubelle, Préfet de la Seine(Paris) obligea les parisiens à déposer leurs destritrus dans un récipient qui immortalisa son nom. La collecte telle que nous la connaissons était née.

Notre société est confrontée à ce problème de manière beaucoup plus aiguë qu'anciennement pour multiples raisons dont :

- L'expansion démographique
- L'augmentation des produits de consommation surtout en occident
- Diminution de la durée de vie des biens et des produits(sociétés de consommation occidentales)
- Accroissement des emballages non naturellement destructibles: verres, papiers, cartons, métaux, matières plastiques, etc.
- Augmentations des informations imprimées: journaux, feuilles publicitaires, etc.
- Concentration des populations et type d'habitats(phénomène d'exode rural)

5. 2. classification des déchets solides

5.2.1. Plusieurs types des déchets sont à considérer:

5.2.1.1. Déchets ménagers.

- Résidus alimentaires et végétaux
- Résidus de nettoyage(débris divers, chiffons,...)
- Résidus de chauffages(mâchefers = (Scories provenant de la combustion des charbons produisent des cendres) et des suies = matière carbonée noire et épaisse résultant d'une combustion incomplète que la fumée dépose)
- emballages et récipients divers(verre, papiers, carton, métal, matières plastiques, bois)
- Journaux
- Résidus de bricolage
- Objets usés(pièces d'habillement, ustensiles usagés,...

5.2.1.2. Déchets de commerces ou de bâtiments publics

- Déchets de type ménager, généralement très riches en papiers et emballages divers.
 - les résidus particuliers tels les huiles usées de garage, les détritres de fabrications d'ateliers, etc.
- ne sont pas repris dans cette catégorie. ils appartiennent à la classe des "déchets industriels" ou déchets divers.

5.2.1.3. Déchets de voirie(ensemble du réseau des voies de communication terrestres, fluviales, maritimes et aériennes appartenant au domaine public).

- Déchets tombés des camions ou abandonnés sur la voie publique après un marché, une foire, etc.

5.2.1.4. déchets sauvages ou "litters"

- déchets abandonnés ou jetés par les promeneurs dans les bois, prairies, parcs, le long des rivières, des lacs, des routes, etc.

5.2.1.5. déchets agricoles et des industries agro-alimentaires.

- déchets des entreprises agricoles proprement dites: déchets de Recolte, sachets d'engrais, effluents d'élevage,...)
 - Déchets d'abattoirs
 - Déchets des industries agro-alimentaires. Ces déchets extrêmement abondants à l'origine, sont considérablement réduits par des multiples traitements de valorisation.
- Ex: * feuilles d'haricots --> transformés en matelas
 * peau de vache --> en viande, tambours

5.2.1.6. Déchets industriels

- Rébus divers: produits non conformes, déchets de chantiers,...
- Résidus et sous-produits de fabrication
- Boues obtenues après épuration des effluents,..

5.2.1.7. Déchets miniers

- terre, roches, produits de déblayage des galeries
- dégager un lieu de ce qui l'encombre, aplanir le terrain avant les travaux.

5.2.1.8. Boues d'épurations

5.2.1.9. Déchets hospitaliers

- Les déchets de type domestique(déchets de chambres, restes de repas, emballages, etc.) sont repris dans le catégorie de déchets de commerce ou de bâtiments publics.

Les déchets hospitaliers proprement dit(matériels usé tel que les seringues, pansements, plâtres, déchets anatomiques,...) doivent être, en raison de leur caractère dangereux, détruits par l'hôpital lui-même(incinération) ou par des sociétés spécialisées.

5.2.1.10. Déchets divers

- carcasses métalliques(automobiles, wagons de chemin de fer, avions, bateaux,...)
- Pneus usés
- Huiles usées de moteurs,

5.2.1.11. Déchets radioactifs

Ces déchets trouvent leur origine dans les secteurs suivants:

* Les centrales nucléaires et leurs opérations en amont(traitements et enrichissement des minerais) et en aval(traitement du combustible irradié, récupération des radio-isotopes.

- Les activités à caractères nucléaire des hôpitaux,des industries des centres de recherches, des Universités.

5.3. Les déchets domestiques

5.3.1. Définition

Les déchets reconnus comme domestique sont:

- les déchets ménagers(poubelles & encombrant)
- les déchets de commerces et de bâtiments publics(catégorie b)
- les déchets de voirie(catégorie c)

5.3.2. Composition

Le type d'habitat influence la sorte de déchets. La composition de déchets dépend de nombreux facteurs: climat, saison, type de région(ville, campagne), niveau de vie, moeurs,...

5.3.3. Propriétés des déchet

5.3.3.1. Densité

La densité des déchets est en moyenne de 100 à 200kg/m³(sans tassement). Cette densité moins ou l'on observe une réduction très forte des cendres et mâchefers(évolution de moyens de chauffage en Europe et l'accroissement spectaculaire des emballages légers.

5.3.3.2. Pouvoir calorique

Le pouvoir calorique des déchets varie en moyenne 1600KCal/kg(en période sèche) et > 2300Kcal/kg en période froides et humides. Le pouvoir calorifique accuse, au fil des années, une hausse très nette due à l'augmentation des matières à pouvoir calorifique élevé(matières plastiques).

5.3.3.3. Humidité

Selon le type de pays et le climat, le taux d'humidité peut atteindre 20 à 30%.

5.3.3.4. Teneur en cendres

La teneur en cendres présente 10 à 13% du volume initial et 30 à 50% du poids initial des déchets.

5.3.4. Abondance et évolution

En général; le volume varie entre 0,5 à 10l/personne/jour. La production augmente rapidement dans les pays développés. Ex: En 1971; Allemagne: 300kg/hab./an, Suède: 430kg/hab./an, Suisse: 220kg/hab./an. En 1990: Allemagne: 331kg/habitant/an. La proportion de matière putrescible peut aller de 20 à 70%. Les quantités doivent être déterminées pour chaque milieu et être situation.

5.3.5. Effets des déchets

L'abandon et l'épandage incontrôlé des déchets dans la nature pose des problèmes dont les plus importants sont:

5.3.5.1. Aspect sanitaire

- Présence de germes pathogènes susceptibles d'être propagés par les insectes mouches, moustiques, oiseaux et rongeurs, ou atteindre les nappes aquifères par les eaux de percolation s'infiltrant dans le sol.
- Prolifération des insectes et rongeurs dans les climats chauds, surtout grâce à l'existence dans les déchets, d'une nourriture abondante et de nombreux gîtes larvaires(boîtes de conserves, pneus, etc.)

5.3.5.2. Pollution de l'air

- Risque d'incendies spontanées
- Production d'odeurs nauséabondes(fermentation)

5.3.5.3. Pollution de l'eau

- Risque d'infiltration vers les nappes aquifères, de germes pathogènes ou de matières nocives, organiques ou minérales, extraites des déchets ménagers par la percolation des eaux de pluies.

5.3.5.4. Pollution du sol

A proximité des terrains d'épandage:

- le sol devient acide(PH 1 à 3) et présente de mauvaises caractéristiques mécaniques.
- le sol peut également contenir des produits toxiques ou des germes pathogènes extraits des déchets ménagers par les eaux de pluies.

5.3.5.5. Atteinte à la faune et à la flore

En cas de rejets en mer(rejet industriel surtout), introduction possible d'éléments toxiques(Pb, Hg, etc.) dans le plancton(ensemble des êtres microscopiques en suspension dans la mer ou l'eau douce), puis les poissons, la plupart de ces métaux toxiques s'accumulent dans les organismes, ils peuvent donc atteindre l'homme, maillon final de la chaîne alimentaire. En cas de rejets aux abords des mares et d'étangs, risque grave pour la faune et la flore de ces plans d'eau.

5.3.5.6. Aspect social

- Enlaidissement des sites
- Troubles psychologiques possibles chez les personnes habitant au voisinage des terrains d'épandage.

5.3.5.7. Aspects économiques

- Gaspillage de la matière
 - Gaspillage de terrain: un terrain d'épandage ne peut plus être utilisé pour habitation, les loisirs, l'industrie ou l'agriculture. De long années après sa fermeture, ses mauvaises caractéristiques physiques et chimiques, le rendent encore impropre à la construction et à l'agriculture.
- En général, un terrain d'épandage épuisé est égalisé, remblayé et rendu aux loisirs, sous forme de parc, terrain de sport ou terrain de boisement.

5.4. La collecte des déchets

La collecte régulière des déchets ménagers est un service public relativement récent, institué depuis 100 à 150 ans seulement(19ème siècle) dans les pays industrialisés. Elle doit se faire fréquemment(1 à 2 fois par semaine). Elle se fait normalement dans chaque habitation au niveau des villes. Cette collecte concerne aussi l'évacuation des "litters" dans les rues des centres urbains et les parcs publics. Les objets encombrants des habitations doivent aussi être collectés suivant un horaire précis(fauteuils, armoires, etc.)

5.4.1. Les types de collecte

5.4.1.1. Collecte ouverte

C'est le procédé le plus courant et le moins cher. Les déchets sont stockés dans les récipients(poubelles), de forme et de nature variées(métal, matières plastiques,...) souvent laissées aux choix de l'utilisateur.

* Les objectifs de dépôts sont de regrouper les déchets pour faciliter le ramassage, d'éviter la dispersion par le vent et le animaux.

* On utilise généralement dans nos pays en développement, des fûts métalliques ayant des couvercles, des orifices sur la partie inférieure et des manches pour le transport. Le fond doit être percé afin de ne pas retenir les eaux de fermentation et qu'un voleur ne puisse pas l'utiliser. Sa manipulation doit être aisée.

En 1ère intention, on peut attribuer 1 fût pour 10 familles environ et le placer en distance raisonnable. Certains déchets nécessitent un système de stockage particulier, soit en raison de la spécificité des déchets(Hôpitaux) soit à cause du volume produit de déchets(marchés, aires d'abattage, ateliers, etc.). On peut alors envisager la construction de bacs maçonnés, couverts et faciles à nettoyer.

Dans le centre de santé, on fait une collecte séparée de déchets: On met des poubelles pour des déchets ordinaires et des poubelles spécifiques pour des déchets médicaux.

5.4.1.2. Collecte hermétique

Ici on emploie des poubelles à fermeture hermétique, exactement adaptable à l'orifice d'alimentation du camion(benne) de transport. Ces poubelles sont en général de grande capacité, soit dans un local spécial de l'habitation soit à l'extérieur de celle-ci. Ce système permet en outre d'espacer les collectes.

Avantages:

- meilleure hygiène
- propreté des rues
- diminution des odeurs
- amélioration esthétique

Inconvénients:

- lenteur de collecte
- bruit
- nécessité de nettoyage de la poubelle,
- manipulation pénible,
- coût élevé(poubelles & camion)

5.4.1.3. Collecte en sacs

Les déchets sont placés par l'utilisateur lui-même en sacs fermés. L'ensemble est enlevé par le service de voirie. Ce procédé nécessite d'équiper la benne transporteuse d'un système permettant de déchirer les sacs afin de faciliter le tassement et la fermentation aérobie. Ces sacs peuvent être fabriqués en divers matériaux:

- papier résistant(papier kraft)
- matières plastiques(PVC, polyéthylène)

Avantages:

- Système parfaitement hygiénique, supprime tous les inconvénients des deux procédés précédents.
- La rapidité d'enlèvement est considérablement augmentée(ce qui permet une réelle économie: plus ou moins 30%).
- Ces sacs, pratiquement sans poids à porter par l'ouvrier et lui évitent le trajet de remise en place de la poubelle vide.
- En cas de la suppression de la collecte(jours fériés, grève,...), les sacs peuvent être stockés sans inconvénients à condition d'être fermés.

Inconvénients:

- Déchirure par les objets tranchants
- Brûlures par des cendres chaudes
- A long terme, coût plus élevé, pour utilisateur(achat de sacs)
- Si le PVC est utilisé comme sac, production accrue d'HCl en cas d'incinération

5.4.1.4. Collecte en containers

Ce procédé s'applique aux grands ensemble à logements munis de vide-ordures, aux écoles, hôpitaux, bâtiments publics, etc. La capacité du container est d'au moins 1 m³, il est muni de roulettes et d'un dispositif d'accrochage à la benne de ramassage. La vidange ou l'enlèvement s'effectue avec un personnel réduit, au moyen de véhicules adaptés(dispositif de lavage,...)

5.4.1.5. Collecte pneumatique

ce système d'origine Suédoise(procédé centralsuug) consiste en un transport de déchets depuis le vide - ordures jusqu'au lieu de stockage et de traitement par conduites pneumatiques souterraines. Ce procédé exclut toute intervention humaine: il a des répercussions bénéfiques sur l'hygiène et permet une diminution des inconvénients au trafic routier. Quelques réalisations existent notamment en Suède et en France(Grenoble). Ce procédé coûte évidemment très cher, de plus il est quasi impossible à réaliser dans des constructions existantes.

5.4.1.6. Collecte automatique

Dans ce type de collecte d'origine française(procédé SITA), un container mobile, circulant en sous - sol, s'arrête automatiquement sous chaque colonne de vide - ordures, selon un programme déterminé.

5.4.1.7. Collecte sélective

La collecte sélective est réalisé en collaboration avec les habitants qui devront stocker séparément les matériaux et les présenter convenablement à la collecte. Cette collecte devra être suscitée par une campagne d'information sur la manière de procéder. La collecte se fait de porte à porte de diverses façons:

- Remplacer une collecte ordinaire par une collecte sélective.
- Effectuer le ramassage sélectif en plus des collectes normales(par addition)
- Porte à porte simultanée, effectuée en même temps que la collecte ordinaire.
- Collecte par containers disposés à des endroits très fréquentés et accessibles.

5.5. Le transport des déchets

Le transport des déchets depuis l'habitation jusqu'au centre de traitement s'effectue de diverses manières:

* Le meilleur moyen consiste à utiliser des camions bennes de capacité très variables, propulsés par un moteur diesel et équipés d'un démultiplicateur permettant les faibles vitesses(1,5 - 2km/h) sans fatigue du moteur. Ces camions sont , en outre, équipés des dispositifs de tassements de déchets(refouloir à plaque à mouvement alternatif, vis d'Archimède, basculement de la benne, etc. Selon la compression et la nature des déchets, le coefficient de tassement se situe en général entre 2 et 5. La collecte en sacs exige encore que le camion soit muni d'un système de déchirement des sacs afin de faciliter le tassement.

L'utilisation d'un camion , pour être rentable, doit être justifié par des conditions fixées en fonction de chaque pays. En Belgique(normes de service communal), les conditions suivantes sont exigées:

- Population desservie: environ 12000 habitants

- Taux d'utilisation: 5 jours par semaine et 2 remplissages par jour.

* Des Charrettes à bras à tracter par les animaux. Le ramassage doit être organisé. Il faut constituer les équipes (affectation d'un circuit à chaque équipe).

Après sa mise en place, le système de ramassage doit être supervisé et évalué périodiquement: le circuit est-il adapté et est-ce que les moyens sont-ils suffisants? Les 2 étapes de dépôts (collecte) et le transport (ramassage) nécessitent la coopération de la population. Cette coopération sera mise en contribution régulièrement une à 2 fois par jour pour assurer le nettoyage général.

5.6. Les prétraitements

En ville, le prétraitement des déchets solides est essentiel. Il s'agit de:

5.6.1 Broyage:

Le broyage permet de transformer une masse hétérogène et volumineuse de déchets en particules plus fines et plus homogènes, ce qui a pour effet de réduire l'encombrement, de faciliter le transport vers le lieu de stockage ou de traitement, d'améliorer le rendement de certains traitements ultérieurs (épandage, compostage, incinération, etc.).

5.6.1.2 Le triage

Le triage des déchets est intéressant à divers titres:

- Récupération et recyclage de certains composants (verre, métaux, papiers, matières plastiques, etc.). Ce triage peut être réalisé en amont ou en aval de la collecte.

* En amont, par les particuliers par voie manuelle dans chaque maison: c'est la collecte sélective.

* En aval, le triage est automatique grâce à des procédés adaptés à des matières de composition complexe et peu constante. On utilise des procédés de triage mettant à profit les différences d'une propriété, généralement physique, caractérisant les composants des déchets: taille, densité, susceptibilité magnétique, conductivité électrique, couleur,...

5.7. Élimination ou traitements des déchets

Trois techniques sont utilisées pour l'élimination des déchets:

1°) L'enfouissement ou la mise en décharge

2°) L'incinération

3°) Le compostage.

5.7. 1 La mise en décharge

5.7.1.1. La décharge brute

ce procédé est très ancien. Il consiste à stocker les déchets bruts ou broyés sur un terrain quelconque, dans une excavation naturelle ou dans une carrière désaffectée. Cette technique bien que simple, très peu coûteuse à

l'origine et permettant d'améliorer la connaissances sur la façon de vivre de nos ascendants les plus lointains(services de fouille en Archéologie) est proscrite actuellement dans les pays développés en raison des innombrables nuisances qu'elle provoque(Insalubrité, risque de pollution de l'eau, du sol, de l'air,...)

Mais dans nos pays en voie de développement, les terrains adéquats et isolés des habitations peuvent être trouvés et utilisés pour ce travail, mais il est nécessaire de transporter les déchets dans ces sites; ce qui coûte évidemment fort cher.

Après emploi, le terrain doit être nivelé et remblayé(comblé), et peut ensuite être rendu aux loisirs par la création de pelouses ou de boisements. Son instabilité et ses mauvaises caractéristiques interdisent, pendant de nombreuses années d'envisager sa réutilisation pour la construction ou l'agriculture.

5.7.1.2. La décharge contrôlée

1°) Principe

Les déchets bruts sont versés en couches de 2m environ, ils sont compactés et nivelés au moyen d'un engin dont les roues sont équipées de lames ou de dents de forme variées. Ce compacteur tasse et broie grossièrement les déchets et réduit les poches d'air.

Dans un délai de 24 à 48h(72h maximum), les déchets sont recouverts d'une couche de 20cm environ de matériaux fins et inertes(terre, sable, boues digérées, etc.). Une nouvelle couche de déchets peut ensuite être déposée.

2°) Recherche et préparation du site

Le choix du terrain ne peut se faire au hasard. Il se fait sur la base des seules données d'économie, de capacité ou de facilité d'accès. Il doit surtout tenir compte de l'incidence de la future décharge sur l'environnement, en particulier sur la qualité des eaux souterraines et superficielles. Dans la sélection des sites de stockage de déchets, les principaux problèmes posés du point de vue environnement et liés aux paramètres géologiques sont:

- Les risques de pollution des nappes aquifères, du sol et l'air
- La stabilité des dépôts et la modification des conditions naturelles suite au dépôt.

Les risques de pollution des nappes aquifères sont dus à l'infiltration des eaux percolées à travers les déchets.

En RDC, la précipitation moyenne annuelle est de l'ordre de un soit par m² par an.

En terrain naturel végétalisé, le phénomène d'évapotranspiration consomme environ 500 à 550 mm d'eau par an. Il reste donc une quantité de d'eau qui participe au ruissellement et à l'infiltration vers les nappes aquifères.

Ces chiffres valables pour un terrain naturel végétalisé doivent être modifiés en ce qui concerne les décharges sur lesquelles, en phase d'activité, ou une végétation n'existe et où d'autre part, les ruissellements sont très faibles. L'eau excédentaire s'infiltrant peut alors être estimé à 400- 500 mm par an, soit 4000 à 5000 m³ par hectare par an où, en moyenne 10 à 15 m³ par hectare par jour.

Après revegetalisation d'une décharge terminée, on peut estimer la quantité d'infiltration à environ 200 mm par an, soit 200 m³ hectare par an. Si la décharge est recouverte d'une géomembrane étanche, on peut

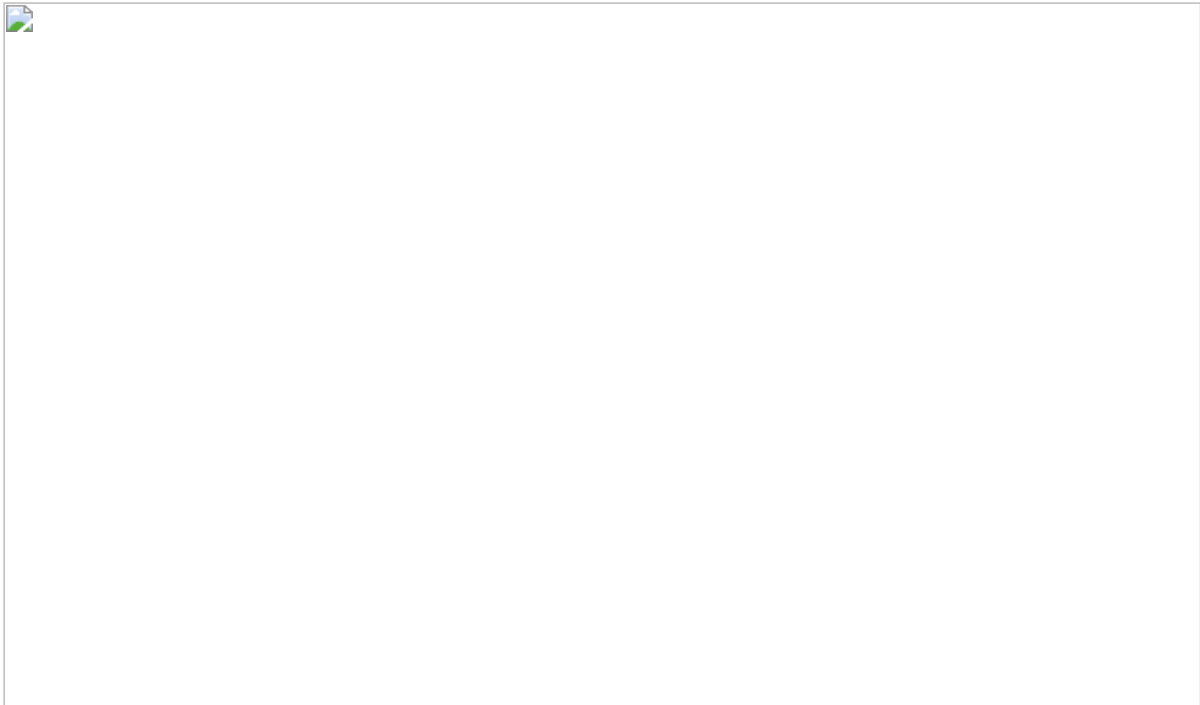
s'attendre sans doute à quelques dizaines de mm, soit quelques dizaines de m³ par hectare par an. Les percolats doivent être intégralement recueillis si l'on veut éviter une pollution des eaux souterraines et toute décharge dont les percolats n'atteignent pas les ordres de grandeur citées ci-haut, est une décharge percée susceptible de polluer les nappes aquifères.

3°) Types de décharges contrôlés

On peut distinguer 4 types de sites en fonction de leur caractéristiques géologiques et hydrogéologiques.

Type 1: Les vallons

Ce sont des petites vallées creusées.



La collecte des percolats y est donc efficace, gravitaire et les traitements peuvent être facilement organisés à l'aval.

N.B: Talweg = ligne qui joint les points les plus bas d'une vallée. Le limon: boue d'argile et de sable mêlée de matière organique.

Si le vallon est creusé dans des terrains de faible perméabilité(argile ou schistes en forte épaisseur), leur étanchéité peut être assurée par le substratum(Roche en place plus ou moins masquée par des dépôts superficiels). et le drainage superficiel par le manteau d'altération qui conduit les eaux en pied de versant et ensuite, via le talweg(*) du ruisseau, vers l'aval.

Type 2: Les argilières

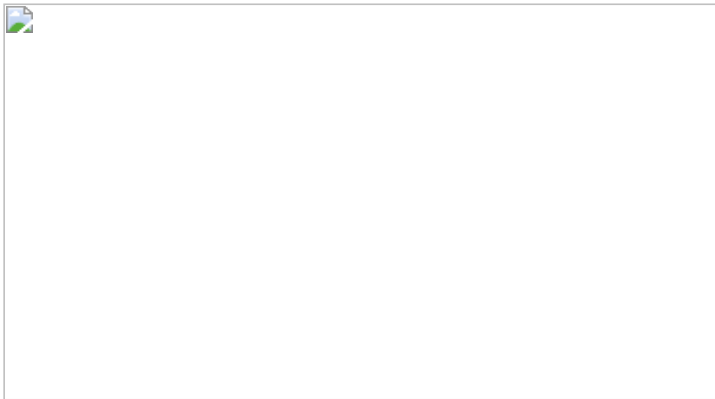
Les argilières par leur nature, présentent une imperméabilité généralement adéquate. Il s'agit généralement de fosses creusées dans des matériaux argileux ou marneux(marne = roche sédimentaire, argileuse, riche en calcaire utilisée pour amender les sols). Elles doivent être aménagées de façon à ce que l'eau ne remplisse pas la cuvette imperméable en débordant dans les terrains surincombants, ce qui entraînerait une pollution latérale. Ceci implique la mise en place d'un système de drainage efficace à la base des remblais et d'un système de collecte et d'évacuation des percolats(gravitaire de préférence).



Types 3: Les carrières ouvertes dans les matériaux ne présentant pas d'étanchéité adéquate

Il peut s'agir de sablières sur substratum argilo - schisteux ou de carrières de grès, ce dernier cas étant plus favorable. Des schistes encadrant les grès, peuvent en effet assurer une étanchéité latérale, seule l'étanchéité axiale devant être assurée artificiellement.

N.B: Grès = Roche sédimentaire formées de grains de sable réunis par un ciment siliceux ou calcaire, utilisé pour la construction ou le pavage.



Type 4: Les carrières ouvertes dans les calcaires et dolomies

Celles-ci présentent une très grande sensibilité à la pollution, notamment lorsque la nappe aquifère logée dans les calcaires est exploitée ou exploitable. En outre, une étanchéité artificielle est difficile à garantir lorsque la site présente des risques d'instabilité lors d'infiltration d'eau, ce qui est notamment le cas en substrat calcaire du fait des phénomènes de dissolution. L'utilisation de tels sites ne peut être envisagée que si l'on est certain de pouvoir reprendre, en cas d'incident, les eaux percolées par des puits de pompage ou par des galeries sous jacentes aux dépôts.



Lorsqu'il y a danger d'infiltration vers les nappes aquifères, le fond et les bords de la zone de décharge doivent être protégés par une couche suffisante d'un matériau imperméable. Les matériaux d'étanchéification artificielle sont principalement:

- les matériaux argileux
- les géomembranes à base de polymère (polyéthylène, chlorure de polyvinyle, etc.) ou d'élastomère (EPDM) et de bitume.
- les géotextiles tissés ou non tissés à base de fibres polymériques (polypropylène, polyéthylène, polyesters, etc.)

Ces matériaux doivent donc être appliqués sur le fond et les parois ainsi que sur la couverture de la décharge à la fin de son exploitation. Pour éviter tout risque de pollution, des mesures de protection des eaux doivent être prises spécialement sous les climats pluvieux:

* collecte des eaux de percolation par installation d'un système de drains orientés vers le point le plus bas de la décharge.

* Canalisation des eaux de ruissellement. Ces eaux seront ensuite acheminées vers un égout.

L'aménagement des sites doit encore comporter une voie d'accès capable de supporter le poids total du camion de charges, une clôture d'au moins 2 mètres empêchant la dispersion des débris légers hors du périmètre ainsi que des installations annexes pour le contrôle de la Zone, l'entretien du matériel, etc.

4° Modes de remplissage

Les modes de remplissage peuvent être classés en deux catégories:

*** La méthode du casier**

Le casier peut être creusé, enlevées servent à la couverture des couches successives, les bennes ou les charrettes pénètrent le casier par une rampe d'accès. (Rampe = Plan incliné destiné à permettre le passage entre deux niveaux). Dans le casier surélevé, la cellule est d'abord délimitée, sur 3 cotés, par des digues constituées de matériaux inertes (débris de démolition), les bennes pénètrent dans le casier par le côté non endigué; dès que le casier est rempli, la quatrième digue est érigée pour clôturer l'ensemble; la couverture est réalisée généralement en terre prélevée ailleurs.

Cette méthode permet l'exploitation alvéolaire et progressive de la zone disponible.



Méthode du casier creusé

A = niveau du terrain

l = couverture

* La méthode des surfaces

Plus ancienne, cette méthode consiste à déposer et étaler les déchets sur le sol sur une hauteur définie (2m environ) puis en recouvrir d'un matériau inerte amené par camion. La décharge se fait en couches successives selon la forme du terrain. Le front de décharge est réglé en faible pente (30 à 45°) pour que les déchets ne soient pas remis à jour par les pluies et que les manœuvres des engins de compactages restent aisées.

5°. Utilisation finale du terrain.

Dès que la zone délimitée a été complètement exploitée, le site parfaitement recouvert de terre peut faire l'objet d'utilisations diverses: espace vert, boisement, parc public, terrain de jeu. L'usage agricole n'est possible que si la couverture de terre a au moins 50 cm de profondeur et si elle a été déposée au minimum 3 à 5 mois après la fin de l'exploitation.

L'utilisation pour la construction est très délicate même plusieurs années après la fin de l'exploitation. Il faut, en effet, s'assurer que la fermentation des couches profondes est complètement terminée et qu'il n'y a plus de dégagement de gaz dangereux (méthane). Ces mécanismes de transformations, outre le risque qu'ils représentent par eux-mêmes influencent aussi fortement, la stabilité du terrain (phénomènes de tassement)

Notons qu'en cours d'exploitation et spécialement après celle-ci, il est possible de récolter le gaz produit en profondeur par la fermentation anaérobie des déchets organiques aisément dégradables (déchets alimentaires et végétaux surtout). Ce gaz est essentiellement constitué de méthane et d'anhydride carbonique (CO₂): $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CH_4 + 3CO_2 + 34Kcal$

Le taux de conversion en méthane est, pour le glucose, de 0,41 m³ par kg. La composition du gaz varie en fonction de la nature des déchets et de l'avancement du processus de dégradation. En moyenne, la teneur en méthane est comprise entre 45 et 60%.

La collecte du "biogaz" suppose évidemment l'installation de puits de captage verticaux dans toute la profondeur du dépôt. Ces forages sont équipés de tubes aveugles dans la couche de couverture et percés de fentes dans la zone de déchets. La distance entre les puits doit être de 80 à 100m. Ces captages verticaux sont reliés entre eux par un réseau de collecte horizontal permettant d'acheminer le gaz à la station de stockage.

6°. Avantages et Inconvénients du procédé

Bien pratiquée la décharge contrôlée est un procédé simple qui supprime la plupart des nuisances de l'épandage simple.

- Amélioration des conditions favorables à la fermentation biologique rapide: la température peut s'élever facilement grâce à la compacité, caractère compact des déchets et à la protection de la couverture inerte; la chaleur produite et le gaz formé délogent les rongeurs, la température élevée tue les germes pathogènes.
- Élimination des risques d'envahissement par les rongeurs, insectes et oiseaux grâce à la présence de la couche inerte.
- Diminutions des risques d'incendies, des dégagements d'odeurs et donc de pollution des eaux et du sol, si le terrain est de nature choisie ou s'il a été convenablement protégé des infiltrations.
- Amélioration esthétique et par conséquent, suppression des gênes psychologiques chez les habitants voisins de ces dépôts.
- Investissements et coûts d'exploitation peu élevés. Ce procédé est d'un intérêt certain, surtout pour les petites agglomérations disposant à leur voisinage, d'espaces adéquats. Il n'est valable pour les grandes villes que si les disponibilités en terrain sont suffisantes.

5.7.2. Le compostage

Un compost est un produit d'amendement (substance mise dans le sol pour améliorer sa fertilité) du sol résultant de la dégradation des déchets d'origine animale ou végétale dont la source principale est l'ordure ménagère ou la boue provenant des stations d'épuration d'eaux usées domestiques.

Le compostage est l'ensemble des opérations mécaniques et biologiques conduisant à l'obtention du compost. C'est un système de traitement permettant de récupérer, à partir des déchets de la matière organique, certains oligo-éléments en vue de leur utilisation agricole.

Les déchets ménagers contiennent des quantités non négligeables de matière première pour la fabrication du compost. Tous les constituants de ces ordures ne peuvent toutefois être compostés: - matières minérales: verres, métaux, pierre, cendre, poussière

- matières organiques difficilement dégradables: matières plastiques, textiles, cuirs, caoutchoucs, etc. Seuls les constituants fermentescibles (déchets alimentaires et végétaux) ou aisément dégradables (papier, carton) pourront être transformés en compost. Ce procédé implique donc l'existence de refus importants (30 - 50%) qu'il faudra traiter dans une installation annexe.

5.7.2.1. Le Sol

Au sens chimique et biologique, le vocable Sol désigne la couche supérieure meuble de la croûte terrestre. C'est en fait un mélange très complexe de multiples éléments parmi lesquels nous trouvons les produits d'effritement rocheux mais également des organismes vivants et des matières organiques. On classe tous ces constituants dans les 4 catégories suivantes:

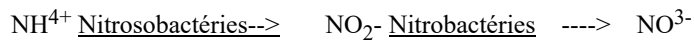
1. **Une phase solide** comprenant:

- Le sable qui fait office de squelette, il empêche le "masticage", en une masse compacte, des particules d'argiles. Le sable est incapable de retenir l'eau et les ions nutritifs pour les plantes.
- L'argile qui possède un grand pouvoir d'adsorption de l'eau et des ions nutritifs.

- L'humus, matière organique se présentant sous l'aspect de fines particules noirâtres, appelé aussi "terreau", l'humus résulte de la décomposition biologique partielle, par les micro-organismes du sol, des déchets organiques, animaux et végétaux(feuilles mortes).

Ces matières sont attaquées et digérées par de multiples bactéries ayant chacune un rôle bien défini. Elles sont ainsi progressivement transformées par étapes, en composés organiques de poids moléculaires plus faible(l'humus) et en composés minéraux assimilables par les végétaux(minéralisation).

-Les bactéries nitrifiantes(oxydantes) transforment les composés organiques ammoniacaux en nitrites puis en nitrates.



- Les bactéries du soufre(oxydantes) Transforment H_2S et les composés organiques soufrés en sulfates: $\text{S}^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$

- Les bactéries du fer(oxydantes) transforment le fer bivalent en fer trivalent: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$

Les bactéries de hydrogène(oxydantes) produisent de l'eau: $\text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$

- Les bactéries de phosphate(oxydantes) transforment les composés organiques phosphatés en phosphite puis en phosphates(PO_3^{3-} et PO_4^{3-})

- D'autres bactéries solubilisent certains sels peu solubles, produisent des vitamines, extraient l'azote de l'air et le fixent, etc.

L'humus présente encore d'autres caractéristiques importantes:

- Il possède un grand pouvoir d'adsorption de l'eau et des ions nutritifs.
- Il stabilise le PH(rôle tampon)
- Il ameublir les terres fortes et donne du corps aux terres légères.
- Il favorise l'enracinement
- Il s'oppose à l'érosion du sol
- Il facilite la circulation de l'eau et de l'air dans le sol.

2. **Une phase liquide:** l'eau présente dans le sol est indispensable pour la réalisation des transformations biologiques, par les micro-organismes.

3. **Une phase gazeuse:** l'air présent dans le sol assure aux micro-organismes les substances gazeuses(O_2 , CO_2) qui sont indispensables pour réaliser les transformations biochimiques.

4. **Une phase vivante** représentée surtout par :

- Les micro-organismes dont nous venons de parler
- Les vers, tempes et autres animaux jouant un rôle important dans l'aération du sol.

5.7.2.2. Rôle du compost

L'humus apporte aux végétaux la nourriture directement assimilable, nécessaire à leur croissance et stimule la vie microbienne par les matières organiques qui le constituent. Les cultures intensives épuisent progressivement l'humus, celui-ci doit être reconstitué périodiquement:

- par de moyen naturels(sol en jachères = période de repos temporaire pendant lequel aucune culture n'est entreprise)

par des moyens artificiels, en apportant au sol les engrais minéraux et organiques dont il a besoin.

Le compost a donc une action bénéfique sur les qualités du sol: il améliore sa texture augmente son pouvoir de rétention de l'eau, à l'érosion superficielle, favorise l'enracinement et apporte les matières organiques indispensables à la vie microbienne.

5.7.2.3 . La dégradation des matières organiques

Nous avons vu que la dégradation des matières organiques par les micro-organismes aboutissait à :

- La formation de combinaisons organiques plus simple appelées "humus"
- La minéralisation, c'est-à-dire la libération et la transformation des matières inorganiques en formes oxydées directement assimilables par les plantes(ions nitrates, sulfates, phosphates,...)

Cette dégradation doit donc se faire en présence d'oxygène(aérobie). Ce type de dégradation libère une grande quantité d'énergie calorifique permettant d'augmenter les vitesses de réactions et de compenser les pertes de chaleur par rayonnement.



En dégradation aérobie, les sucres, acides gras, protéines, etc. sont transformées par étapes successives en substances de poids moléculaire de plus en plus faibles et en fin CO_2 et H_2O . Les produits azotés, soufrés, phosphorés sont convertis en nitrates, sulfates et phosphates. La fermentation s'opère en 4 phases successives distinctes:

1°) La phase de latence:

Correspond au temps nécessaire à la colonisation du milieu par les micro-organismes(~1 jour)

La température s'élève légèrement, elle résulte de l'activité respiratoire endogène des cellules vivantes présentes dans la masse(tissus végétaux frais)

2°) La phase mésophiles:

Est due à la multiplication des microbes mésophiles qui provoquent le début de la fermentation. Ces micro-organismes dégagent des grandes quantités de chaleur, la température du mélange s'accroît fortement. Aux alentours de 40 à 45°C, les micro-organismes meurent(t° optimale d'activité: ~30°C)

3°) La phase thermophile:

Correspond à la période d'activité d'une autre vague microbienne, remplaçant la précédente et continuant son oeuvre de dégradation et l'élévation de la température. A 60-70°C, les micro-organismes thermophiles meurent à leur tour(t° optimale d'activité: 50-55°C) ainsi que les germes pathogènes et parasites divers. A ces hautes températures, des réactions chimiques exothermiques peuvent se produire et concourir au maintien des températures élevées. Cette phase ne peut durer trop longtemps(4 jours minimum), sinon, le contenu en matière organique du compost serait trop faible, il ne resterait que des composés minéraux que les engrais chimiques suffissent à apporter au sol.

4°) La phase de refroidissement ou de maturation

Cette phase termine le processus: les 2 vagues microbiennes successives ont, en respirant, consommé l'oxygène et rendu le milieu progressivement an aérobie. Les germes an aérobie prolifèrent alors mais leur métabolisme étant moins thermogène, la température décroît.

Cette phase est génératrice de composés volatils nauséabonds (NH_3 , H_2S , produits organiques divers) caractéristiques de la putréfaction. Pour éviter ce phénomène désagréable, il faut instaurer l'aérobiose, par exemple en tournant le tas ou en l'aérant. Chaque aération provoque d'abord une chute de température. celle-ci remonte ensuite, en raison de la reprise de la respiration aérobie, jusqu'à stabilisation c'est à dire raréfaction des matières facilement utilisables par les microbes. Le compost a atteint son stade de maturité, il ne contient plus que des matières organiques complexes de type " humus" et des matières assimilables par les plantes. Il est apte à l'usage agricole.

5.7.2. 4. Les techniques de compostage

Les différents procédés de compostage peuvent être groupés en deux catégories:

1°) Procédés de fermentation lente

Les déchets subissent une dégradation naturelle à l'air libre. Ils sont disposés en andains, c'est à dire en tas triangulaires isolés ou groupés en bandes de 1 à 2 m de haut et 4 à 5 m de base. Chaque tas est régulièrement retourné. L'addition de boues d'épuration est possible. Un broyage grossier préalable est conseillé. Certains procédés prévoient une aération supplémentaire par insufflation d'air, un système de drainage des eaux excédentaires et une protection par plaque contre les pluies violentes. Après trois mois environ, le compost a généralement atteint sa maturité, il est tamisé et peut être mis en vente.

2°) Procédés de fermentation accélérée.

Les déchets grossièrement broyés subissent une fermentation en cellules permettant le contrôle plus strict des paramètres favorables au bon compostage. Les cellules sont:

- Des tambours rotatifs légèrement inclinés sur l'horizontale, dans lesquels les déchets admis en continu, séjournent 3 à 5 jours. Dans ce réacteur, ils subissent une fermentation et une dilacération simultanées.
- Des tours verticales à étages parcourent de haut en bas en 6 jours environ.
- Des tours en série dans chacune desquelles les déchets, admis par le sommet, résident un jour pour passer à la suivante après remontée mécanique.
- Des tours diverses, de formes spéciales, conçues dans le but de diminuer les pressions latérales, les déchets régulièrement remués par une vis d'Archimède y subsistent 4 jours.
- Des Hangars mobiles à section trapézoïdale selon le système Biotank. Cette cellule se déplace sur un chemin de roulement en forme d'anneau, L'avant du Hangar est fermé et équipé à sa partie supérieure d'une trémie par laquelle les déchets sont introduits puis mis en tas, la longueur de la cellule, sa vitesse, la longueur développée de l'anneau sont calculés pour permettre de maintenir les déchets sous abri pendant 6 jours et, dans la partie de l'anneau exposée à l'air, pendant 14 jours au moins.

Dans ces divers procédés, dont la liste n'est pas exhaustive, les déchets à la sortie de la cellule subissent un triage, un criblage et une maturation à l'air libre. Les refus de compostage sont le plus souvent mis en décharge ou incinérés.

5.7.2. 5. Appréciation du procédé

Ce procédé présente l'énorme avantage de restituer à la nature une partie des matières qui lui ont été soutirées. A ce titre, il s'inscrit pleinement dans la conception actuelle d'économie écologique. Ce procédé présente malheureusement des inconvénients non négligeables:

- Les refus de compostage représentent 20 à 50% du poids initial des déchets traités
- La valeur fertilisante du compost est souvent insuffisante (Azote, phosphore)
- Le risque par la contamination par les métaux lourds existe.
- La teneur en corps étrangers (verre, métaux, matières plastiques) reste élevée.
- La vente du compost est souvent difficile.

5.7.3. L'incinération

5.7.3.1. Généralités

L'incinération permet de réduire fortement le volume et le poids des déchets ménagers en les transformant en gaz, en chaleur et en matériaux stériles et inertes, les cendres et les mâchefers (cendre trouvée dans la braise en bas). La réduction en volume et en poids peuvent atteindre 90% et 60% du volume et du poids initial des ordures. Les gaz formés contiennent essentiellement l'air en excès, de la vapeur d'eau, du CO_2 , des oxydes d'azote (NO_x), des cendres volantes et, en faibles quantités, des produits divers issus de la combustion: CO , matières organiques, dioxyde de soufre (SO_2), acide chlorhydrique (HCl), etc. Selon la composition des déchets ménagers et la quantité d'air admises, les proportions des principaux composants sont habituellement les suivantes (en poids).

N_2 : 65 à 75%

CO_2 : 6 à 14%

O_2 : 6 à 14 %

H_2O : 5 à 15 %

En moyenne, 1 Kg d'ordures donne 4 à 5 m³ de gaz de combustion à 1000°C

La chaleur dégagée est fonction du pouvoir calorifique des déchets:

--> Pouvoir calorifique supérieur (PCS) qui comprend la chaleur de condensation de la vapeur d'eau contenue dans les fumées. Le PCS suppose donc que l'eau se retrouve totalement à l'état liquide dans les produits de combustion.

--> Le pouvoir calorifique inférieur (PCI) qui ne comprend pas la chaleur de condensation de la vapeur d'eau dans les fumées. Le PCI suppose que l'eau s'y retrouve à l'état de vapeur. Le PCI moyen des déchets ménagers se situe entre 1200 et 2500 KCal Par kg (en général 1600 à 2300 KCal / kg).

Les cendres et Mâchefers sont les produits solides et inertes provenant des matières minérales contenues dans les déchets ménagers (verre, métaux, terres,...). Ils représentent 15 à 40% du poids des déchets et se répartissent comme suit:

- Mâchefers récoltés à la grille: 90%

- Cendres volantes entraînées par le gaz de combustion: 10%

Les mâchefers sont constitués des scories essentiellement siliciques (80 à 90%), des métaux engagés dans des combinaisons chimiques peu solubles, principalement magnétiques (10 à 15%) et d'imbrûlés (1 à 5%). Les cendres ont une composition analogue à celle des mâchefers, elles sont toutefois plus riches en alumine et en magnésie, que ceux-ci.

5.7.3.2. Phases d'Incinération

L'incinération se déroule en 3 phases:

- Une phase de séchage avec évaporation d'eau
- Une phase de vaporisation de matières organiques à partir de 200°C
- Une phase de gazéification et de combustion du résidu carboné: les matières volatiles émises brûlent à partir de 500°C, cette combustion est considérée comme complète à 1000°C, pour autant que contact air / combustible soit satisfaisant et que les temps de séjour à ces hautes températures soit suffisant.

Prétraitement de l'Incinération

L'Incinération doit être précédée d'un certain nombre de pré traitement dont les plus courants sont:

1°) **L'homogénéisation** des déchets: Cette opération est indispensable à la qualité de la combustion. Elle peut se pratiquer dans le four même par emploi de grilles d'avancement mobiles ou de fours rotatifs. Elle peut être menée en amont du four par brassage des ordures.

2°) **Triage** éventuel:

Le déferailage magnétique est généralement réalisé, l'enlèvement préalable de matières valorisables peut également être pratiqué.

3°) **Le compostage**

Un incinérateur peut être précédé et complété à une installation de compostage.

Post- Traitements d'Incinération

L'incinération peut être suivie d'un certain nombre de post- traitements parmi lesquels:

1°) **Refroidissements des cendres:**

Les scories(résidu solide résultant de la fusion des minerais, de l'affinage des métaux) incandescentes extraites du four sont rapidement éteintes par de l'eau, ce traitement implique donc un circuit d'épuration de l'eau d'extinction comportant au moins une décantation et une neutralisation.

2°) **La postcombustion:**

Certaines matières organiques volatiles peuvent quitter le four avant d'avoir atteint leur température de combustion ou sans être restées suffisamment longtemps à ces températures. ces gaz non complètement brûlés ne peuvent être rejetés dans l'atmosphère. Ils doivent subir une oxydation complémentaire pour assurer leur conversion en CO₂ et H₂O. Cette opération appelée postcombustion se fait dans la partie supérieure du four ou dans une deuxième chambre équipé d'un brûleur et d'un système d'injection d'air d'appoint.

3°) Dépoussiérage et épuration de gaz de combustion: la nécessité.

4°) récupération de la chaleur: cette valorisation est possible.

5.7.3.3. La combustion des déchets ménagers.

Lorsqu'on brûle un combustible classique hydrocarboné, on obtient au terme de la combustion, deux produits inoffensifs CO_2 et H_2O qui résultent de l'oxydation complète du carbone et de l'hydrogène contenus dans le combustible, par l'oxygène de l'air. Lorsqu'il y a défaut d'oxygène ou lorsque la température de la flamme s'abaisse subitement, certains atomes de carbone et d'hydrogène ne reçoivent plus l'énergie nécessaire à la formation des radicaux libres conduisant, dans la flamme, à la formation de CO_2 et H_2O . Il y a arrêt de réactions de combustion à des états d'équilibre intermédiaire avec, pour conséquences:

- Émission d'atomes de carbone ou recombinaison de ces atomes entre eux pour former le suie, noir de carbone, graphité. (Suie = Matière noire que la fumée dépose dans les conduits de cheminée. Graphite = carbone naturel, presque pur.

Ces matières ont un pouvoir d'adsorption énorme. Elles sont toxiques par des matières solides et gazeuses qu'elles véhiculent.

- La scission incomplète de la molécule de combustible ou recombinaison d'atomes de carbone et d'hydrogène avec formation d'hydrocarbures légers ou lourds. C'est parmi ces derniers que l'on trouve les produits cancérigènes tels que le 3 - 4 benzopyrène.
- Combinaison d'atomes de carbone et d'oxygène mais en quantité trop faibles. Ce mécanisme produit le CO, gaz trop toxique.
- Formation de composés partiellement oxydés aldéhydes, acides, cétones, etc.

Ces polluants primaires sont des indicateurs d'une combustion incomplète. Les réactions de dégradations ne sont donc pas seules en cause. D'autres réactions de recombinaison ou de polymérisation peuvent se produire, aboutissant ainsi à la " construction " de molécules complexes et entièrement nouvelles, comme les hydrocarbures polyaromatiques (tels que le 3,4 benzopyrène), les Dioxine, les furanes,... qui sont aussi des indicateurs de combustion incomplète.

Les combustibles contiennent d'autres éléments que le carbone et hydrogène, notamment le soufre, qui dans la flamme, donne le SO_2 et SO_3 ($\text{S} + \text{O}_2 \Rightarrow \text{SO}_2$ et $\text{SO}_2 + 1/2\text{O}_2 \Rightarrow \text{SO}_3$)

Ce sont les polluants secondaires qui sont des indicateurs de combustion complète. La présence des éléments différents de ceux cités ci dessus (Cl, F, P) augmente encore la variété des composés émis (HCl, HF, oxydes métalliques et métalloïdiques divers, etc.)

Aux hautes températures, les polluants tertiaires sont produits dans la flamme, notamment l'azote de l'air s'oxyde et donne des oxydes d'azote. Toute combustion est donc polluante par les poussières, solides (Suies, cendres hydrocarbures solides, oxydes divers, et les gaz (CO , SO_2 , NO_x , H_2 , hydrocarbures légers) qu'elle émet. L'incinération des déchets ménagers ne diffère en rien de la combustion d'un combustible classique. Elle est toute fois complexe car:

- Hétérogénéité des matières à brûler rend le réglage de la combustion plus difficile. Il y a plus de risque de combustion incomplète, la pollution peut donc être plus importante
- La gamme des polluants est plus étendue qu'en combustion classique en raison de la grande variété d'éléments secondaires présents dans les déchets

5.7.3.4. Amélioration de la qualité de la combustion

La règle d'or en cette matière est basée sur les 3 points suivants: température de combustion, durée de séjour dans l'incinérateur, aération. Dans le cas des déchets ménagers, les spécialistes s'accordent à donner à ces 3

paramètres, les valeurs minimales suivantes:

- Température: 850°C
- Durée de séjour: 2 secondes
- Teneur d'O₂ : 6%

Ces mesures permettent de réduire très fortement la production de polluant "primaires" indicateurs de combustions incomplètes. Elles n'ont toutefois pratiquement aucune influence sur la formation des autres types de polluants pour lesquels il faut prévoir des méthodes de traitement au niveau même de l'effluent.

5.7.3.5 La pollution chlorée

L'incinération est une des sources principales d'émission de polluants chlorés et particulièrement d'acide chlorhydrique HCl. Ce phénomène est dû à la présence d'ions chlore dans de nombreux constituants des déchets:

- Les matières plastiques constituant les emballages présents dans les déchets. parmi ces produits, le PVC(Chlorure de Polyvinyle) --> dans bouteilles d'eau, vin, vinaigre, huile films souples, récipients divers, gobelets,...) est la seule matière contenant du chlore.
- Les papiers, cartons, bois, cendres, déchets alimentaires, et végétaux contiennent du chlore, sous forme de NaCl surtout en quantités variant de quelque centièmes à quelques dixièmes de pour-cent. ces teneurs sont évidemment très faibles mais il ne faut pas oublier que ces matières représentent une importante proportion de déchets ménagers(60 à 80%). Une neutralisation de ce HCl est réalisée de façons diverses(neutralisation par eau alcaline, lait de chaux en fines gouttelettes, etc.

5.7.3.6 Dégagement d'odeurs

Des odeurs désagréables peuvent apparaître à la cheminée de l'incinérateur. Ces émissions d'odeurs sont contribuées à la qualité de la combustion à laquelle il faudra veiller, car ces émissions sont dues à la production de matières organiques, généralement soufrées ou azotées, volatiles et incomplètement brûlées. On remarque que ces odeurs n'apparaissent plus si la combustion est rendue aussi complète que possible par l'apport d'une quantité suffisante d'air et par le maintien de la température des gaz de combustion dans le four, à de valeurs égales ou supérieure à 750°C

5.7.3.7 Appréciation du procédé

L'incinération est un procédé rapide et parfaitement hygiénique. Il permet une importante réduction des déchets en poids(60%) et en volume (90%). Il n'a pas de conséquences ni sur l'esthétique de l'environnement, ni gaspillage du terrain. pas des troubles psychologique chez les vivant en voisinage.

5.7.3.8. Les traitements nouveaux

1° Le compactage en balles

Les déchets bruts sont placés dans un réceptacle où ils sont comprimés au moyen des presses hydrauliques puissantes. On obtient ainsi des blocs cubiques dont le volume représente 15 à 20% du volume initial. Ces blocs

sont alors mis en décharge. Ce traitement ne supprime nullement pas les risques des déchets, La mise en décharge des blocs comprimés doit donc faire l'objet de recommandations analogues à celles des déchets bruts.

Cette technique présente les mêmes avantages et inconvénients que le procédé de décharge contrôlée, auxquelles il convient d'ajouter :

avantages supplémentaires:

- forte réduction du volume permet une diminution importante des frais de transport et représente un palliatif intéressant au problème de gaspillage de terrain: la mise en décharge d'ordures en balles nécessitent en effet 1m³/tonne, celle de déchets bruts exige 2m³/tonne, celle de déchets broyés 1,5 m³/tonne.

Inconvénients supplémentaires

Ceux-ci résident surtout dans l'augmentation des coûts de traitements: frais d'investissements et d'exploitation.

Ajoutons encore que cette technique rend de grands services lors du traitement des déchets encombrants d'origine ménagère ou autre.

2°. Compactage en balle et enrobage

D'origine Japonaise(procédé Tesuka), cette technique appliquée au cinquième des déchets ménagers par 45 installations réparties dans tout le Japon, comporte les opérations suivantes:

- compactage en balle
- cerclage par un treillis métallique
- immersion dans un bain de bitume oxydé, à 200°C, pour des applications particulières, enrobage dans du béton.

Le matériel obtenu est valorisable. Il sert au remblayage de carrières, à l'érection des digues et même au Japon, à la construction des bâtiments.

Le coût de traitement est élevé (même que l'incinération). Les possibilités de valorisation des blocs devraient évidemment permettre la réduction des frais.

Au point de vue incidence sur l'environnement, on peut craindre aussi que l'enrobage ne supprime pas les risques de contamination surtout en cas de fissuration du bloc. Toutefois, ces blocs sont étudiés depuis de nombreuses années par divers centres de recherches et que les résultats des études menées s'avèrent plutôt optimistes: après une dizaine d'années la lente dégradation anaérobie a transformé les déchets à une espèce de tourbe (Tas).

3°. Pyrolyse ou "Distillation sèche"

On appelle pyrolyse, la décomposition thermique des matières organiques en l'absence de l'oxygène ou en atmosphère pauvre en oxygène.

Cette technique endothermique peut s'appliquer aux déchets ménagers . Elle est généralement réalisée à t° plus basse qu'en incinération et donne comme sous produits:

- * des poussières: noir de carbone, ces poussières sont facile à traiter qu'en incinération conventionnelle.

- * des gaz: en majorité de H₂, CH₄, CO et CO₂. Ces gaz sont combustibles(pouvoir calorifiques de 3000 - 5000 Kcal./Nm³).

- * un résidu huileux: Esters, acides, alcools,... C'est le pétrole synthétique, c'est son côté séduisant (très visqueux), est un combustible, mais avant utilisation, il doit subir un traitement d'épuration pour le débarrasser des produits corrosifs soufrés et chlorés qu'il contient.

- * résidu solide: substrat minérale issu de la partie non organique des déchets et une fraction organique de type bitume susceptible d'être utilisé comme combustible ("charbon synthétique") ou d'être transformé en charbon

actif. La séparation de ces deux types de matière est très coûteuse et complexe. C'est pourquoi ce résidu est généralement mis en décharge.

Indications: traitement des déchets plastiques, caoutchoucs, élastomères.

4°. Hydrolyse

Ce procédé s'applique aux constituants celluloseux des déchets ménagers (papiers, cartons, matières végétales, ...). Il consiste en une transformation de la cellulose en glucose par hydrolyse acide, puis en produits variés, par fermentation à l'aide de levures ou des bactéries. Le type de fermentation choisie conditionne la nature des produits obtenus.

Le processus de fermentation en alcool éthylique industriel est un des mieux connus.

- Réemploi = consiste à prolonger la vie d'un produit : exemple, une bouteille de verre est lavée et remplie de nouveau.
- Le recyclage : consiste à utiliser les déchets d'un produit pour fabriquer le même produit. Exemple : La bouteille de verre est broyée puis renvoyée au four de cuisson.
- La réutilisation: c'est utiliser les déchets d'un produit pour fabriquer un autre produit. Exemple: Déchets de pneus, matières plastiques sont transformées en souliers, ou autres types de produits.

Chapitre 6: La gestion des déchets des hôpitaux

La gestion des déchets des établissements des soins de santé doit être traitée comme un système, le maniement, le stockage, le transport, le traitement et l'élimination finale des déchets doivent être organisés par des méthodes qui, à tous les stades, réduisent à un **minimum le risque pour la santé et l'environnement**.

Toutes les personnes, dans les établissements de soins de santé, devaient être informées des risques que peuvent présenter les déchets en cas d'erreur de manipulation. Une formation particulière de tout le personnel intervient dans la gestion des déchets indispensable dans les programmes de formation en soins de santé.

Des mesures particulièrement importantes sont: la séparation des déchets "à risques" tels que les déchets anatomiques, infectieux ou chimiques dangereux, d'un étiquetage appropriés. On devrait adopter un système de codage par couleur des sacs et conteneurs à déchets ainsi que des étiquettes portant des symboles codés pour les déchets à haut risque.. A cet égard, une normalisation nationale du codage par couleur et par symbole serait utile.

La première règle, en matière de gestion de déchets, doit être de réduire autant que possible dès la source la quantité de déchets produits. Il faut que chaque établissement identifie le genre des déchets qu'il produit en prépondérance. De manière générale les déchets devraient être recyclés toutes les fois qu'il est possible, compte tenu des impératifs de protection de l'environnement, pour réduire le volume à manier.

L'incinération est le méthode recommandée pour éliminer les déchets anatomiques, et infectieux. Les incinérateurs doivent être spécialement conçue pour le traitement de ces déchets et satisfaire aux normes locales ou nationales concernant les émissions.

Les déchets radioactifs produits dans les établissements des soins de santé sont à très faible activité et à courte période. Ils sont stockés, jusqu'à ce que leur radioactivité soit tombée à un niveau considéré comme insignifiant après quoi, ils seront éliminés comme il convient compte tenu de leurs autres caractéristiques (déchets chimiques, infectieux ou déchets ordinaires) et de règlement en vigueur

Dans chaque établissement de soins de santé, il devrait exister un plan complet pour l'élimination des déchets. L'élimination elle-même se fera selon diverses méthodes en fonction des conditions locales.

Dans la législation sur la gestion des déchets des établissements de soins de santé, on devra se limiter à formuler des principes fondamentaux, en laissant aux établissements ou services de soins de santé le choix de système le mieux adapté à leur cas.

Il faudra rassembler et échanger des informations sur l'efficacité et les possibilités des diverses techniques de traitement et d'élimination des déchets de cette nature, notamment l'incinération. Il serait utile d'établir des projets de démonstration répondant à différentes stratégies nationales de gestion des déchets. Pour faciliter le transfert des informations ainsi obtenues, il serait utile d'obtenir la coopération d'organisations telles que la fédération internationale d'ingénierie hospitalière. L'OMS continue de fournir son aide pour l'évolution, la diffusion et l'utilisation de ces informations.

6.1. Les catégories de déchets et leurs sources

Les déchets d'établissement de soins de santé peuvent être classés en huit grandes catégories:

- 1) déchets ordinaires
- 2) " " anatomique
- 3) "" radioactifs
- 4) " " chimiques
- 5) " infectieux et potentiellement infectieux
- 6) " pointus et tranchants
- 7) " pharmaceutiques
- 8) " emballages sous pression

6.1.1. déchets ordinaires

Ils comprennent les déchets de type ménager, les matériaux d'emballages, les litières d'animaux non infectieux, les eaux usées de blanchisseries et d'autres substances ne présentant ni problèmes de maniement, ni risque particuliers pour la santé humaine ou l'environnement .

6.1.2 Les déchets anatomiques

Sont constitués par les tissus, organes, parties du corps, foetus humaines et cadavres d'animaux ainsi que les produits sanguins et autres liquides physiologiques.

6.1.3. Les déchets radioactifs

Sont des déchets solides, liquides, gazeux contaminés par des radio nucléides provenant d'analyses in vitro des tissus et liquides physiologiques et d'opérations in vivo d'exploitation des organes et de localisation des tumeurs ainsi que de thérapies.

6.1.4. Les déchets chimiques

Sont des substances chimiques, solides, liquides, et gazeuses usées provenant par exemple des opérations diagnostiques et expérimentales et des opérations de nettoyage, de ménage et de désinfection. Les déchets chimiques peuvent être dangereux ou non. Pour ce qui est de choix de la méthode optimale de maniement des déchets, on considère comme déchets chimiques, les déchets qui sont:

- Toxiques
- Corrosifs(acides de pH < 2,0 et bases de pH > 12,0)
- Inflammables
- Réactifs(substances explosives, réagissent à l'eau ou au choc)
- Génotoxiques(substances cancéreuses, mutagènes, tératogènes ou substances susceptibles d'avoir autres effets génétiques), médicaments cytotoxiques par exemple. Les déchets chimiques non dangereux sont les substances chimiques autres que celles décrites ci-dessus: saccharides, acides aminés, certains sels organiques et inorganiques, par exemple.

6.1.5. Les déchets infectieux

Contiennent des pathogènes en concentration ou en quantités suffisantes pour pouvoir causer la maladie. Cette catégorie comprend les cultures et stocks d'agents infectieux provenant d'opérations de laboratoire, les déchets d'opérations chirurgicales et d'autopsies sur des patients ayant des maladies infectieuses, les déchets provenant des patients infectés des services contagieux, les déchets qui ont été en contact avec des patients infectés sous hémodialyse(équipement de dialyse tels que tuyaux et filtres, linges à jeter tels que serviettes, blouses, tabliers, gants en contact avec des animaux auxquels on a inoculé un agent infectieux ou déjà infectés).

6.1.6. Les déchets pointus ou tranchants

Sont les aiguilles, seringues, bistouris, lames des scies ou de couteaux, fragments de verre, clous ou autres objets pouvant causer des pipûres ou des coupures.

6.1.7. Les déchets pharmaceutiques

Sont les produits pharmaceutiques, médicaments et produits chimiques qui reviennent des services, qui sont périmés ou contaminés ou qui sont mis au rebut par ce qu'ils ne sont plus utilisés.

6.1.8. Les emballages sous pression

Sont les emballages qui contiennent des gaz inoffensifs ou inertes, y compris les bidons d'aérosols qui peuvent exploser s'ils sont exposés à une flamme ou perforés accidentellement.

6.2. Risques professionnels et risques de santé

Il faut identifier les risques de santé et les risques environnementaux qui pouvaient résulter de mauvaises pratiques de gestion des déchets. Il faut aussi éviter, pour des raisons à la fois pratiques et économiques, d'alarmer le public en recherchant des problèmes irréels ou en gonflant des risques minimes ou existants dans d'autres secteurs.

Trois groupes principaux de personnes peuvent être exposés aux risques de santé liés aux déchets:

- Les patients et le personnel dans l'établissement de santé

- Le personnel chargé des services comme blanchisseries, bouderies, incinérateurs, décharge, etc.
- Les patients et le personnel dans le cas des soins à domicile ou des soins primaires: dialyse à domicile par exemple.

Les patients courant un risque particulier d'infection ou d'autres complications s'ils sont exposés à des germes pathogènes ou s'ils se piquent ou se coupent sur l'objets par ce que le circuit d'élimination des déchets présente des lacunes, sont les suivants:

- Patients immuno-déficients ou ayant des mécanismes de défense affaiblis pour d'autres causes(patients atteints du SIDA).
- Patients atteints de trouble de l'hémostase
- Patients sous dialyse
- Toxicomanes(qu'il faudra tenir à l'écart de tous déchets contenant des aiguilles, des seringues ou médicaments mis au rebut).

Les déchets peuvent présenter des risques pour la santé de tous les personnels travaillant dans les établissements de soins de santé, ou en liaison avec ceux-ci, et il est donc important qu'ils en soient informés et qu'ils reçoivent une formation concernant les précautions à prendre et les méthodes à appliquer pour l'élimination des déchets.

Le personnel qui manie les déchets constitués par des objets imprégnés de sang de patients doit être protégé contre la transmission de l'hépatite B. Des dispositions particulières sont nécessaires pour isoler, trier, collecter, et éliminer ces déchets. Des mesures semblables devraient être appliquées dans le cas de patients dont le diagnostic est douteux.

Le personnel d'entretien et de garde est exposé à des risques lorsqu'il a à manier des déchets contenant des seringues et des aiguilles, s'ils n'ont pas été mis à part et soigneusement emballés pour leur mauvaise manutention ultérieure. Il risque aussi dans des locaux où il y a des fuites ou des canalisations bouchées, de respirer des gaz ou vapeurs dangereuses. Le danger des émissions de dioxyde de soufre provenant d'égoûts obstruées est bien connu. Diverses mesures devraient être prises pour minimiser les risques professionnels de santé liés aux déchets de soins de santé:

- substituer des produits non dangereux ou moins dangereux aux agents chimiques dangereux
- Prescrire le stockage en récipients fermés pour les agents volatils, qui peuvent être dangereux sous forme de traces ou par courte exposition.
- Prescrire l'utilisation de systèmes de ventilation et d'évacuation conforme aux principes reconnus de l'hygiène du travail (! collecte et rétention du mercure)
- Prévoir des vêtements de protection appropriés(y compris les masques) ainsi que des modalités de désinfection et d'élimination de ces vêtements pour les travailleurs participant à divers stades à l'élimination des déchets.
- Prescrire l'utilisation d'étiquettes et de récipients codés par couleur et par symbole lorsque le triage préalable et la séparation des déchets ont nécessaires(le système de codage à cet égard devrait être uniforme à l'intérieur d'un même établissement).
- Introduire des mesures de surveillance pour exécuter des enquêtes ponctuelles dans des domaines posent des problèmes ou dans des situations à haut risque, recherche de cas d'expositions professionnelles lorsque les informations cliniques ou épidémiologiques semblent indiquer une morbidité due à cette cause.
- Introduire une analyse épidémiologique pour déterminer si certains groupes de personnels sont soumis à un risque excessif vis-à-vis de types particuliers de problèmes de santé.

6.3. Incidences des déchets provenant des soins de santé sur la santé humaine et sur l'environnement.

Outre les risques de santé encourus par les patients et le personnel, il convient d'examiner les incidences de ces déchets sur la santé humaine et sur l'environnement à l'extérieur des établissements de soins de santé. En particulier, on devra tenir compte des effets éventuels sur le public et y compris les aspects esthétiques, et du risque de pollution de l'air, de l'eau et du sol. Pour minimiser les risques extérieurs, il faudra prendre des mesures pour limiter les quantités de polluants à la source même. A cette fin, on devra séparer les déchets et les concentrer, à l'intérieur des établissements de soins de santé de manière à simplifier la gestion et, toutes les fois que cela est possible, adopter des procédés de recyclage afin de réduire le volume de déchets à évacuer.

Les produits chimiques utilisés dans les établissements de soins de santé sont une source potentielle de pollution, principalement de l'eau par voie des égouts. Pour élaborer efficacement tout programme de gestion des déchets, il faudra procéder à une enquête préalable concernant les déchets chimiques présents sur les lieux. Les déchets chimiques devraient être recyclés toutes les fois qu'il est possible. On devrait en outre envisager de remplacer certaines substances chimiques utilisées par d'autres moins dangereuses pour l'environnement.

L'emploi de désinfectant devra être restreint lorsqu'il existe d'autres solutions. On réduirait ainsi les quantités produites des désinfectants usés. Cependant si l'on dispose d'un grand volume de dilution, les désinfectants peuvent être sans danger rejetés dans les égouts.

Les matières fécales et l'urine des patients contagieux doivent être désinfectées avant rejet dans l'égout. Des procédures d'urgence devraient être prévues pour permettre de pratiquer cette opération en cas d'épidémie, pour un grand nombre de patients contagieux.

Les déchets ordinaires et infectieux convenablement traités peuvent être mis en décharge sans danger mais des mesures particulières peuvent être nécessaires pour respecter les impératifs esthétiques.

Les déchets anatomiques et infectieux doivent être séparés des autres. Les déchets infectieux à haut risque doivent être autoclavés dans un premier stade, de préférence à la source, pour réduire les risques pour le personnel et les patients, avant d'être emballés pour traitement et élimination finale. Le sang dont on sait qu'il n'est pas infectieux, peut être évacué par les égouts, s'il est dilué dans un grand volume d'eau.

6.4. Méthodes de traitement et d'élimination des déchets.

Lors du choix des méthodes de traitement et d'élimination des déchets d'établissements des soins, il faudra tenir compte de toutes les solutions possibles localement. Les plans devraient aussi prévoir les situations d'urgence.

6.4.1. Déchets anatomiques:

Ces déchets peuvent être traités et éliminés par stérilisation, puis incinération ou enfouissement. L'incinération est la méthode recommandée, à condition que l'incinérateur soit spécialement conçu pour cette catégorie des déchets. Si l'élimination se fait par cette méthode, le récipient ayant contenu les déchets doit aussi être brûlé.

6.4.2. Déchets infectieux

L'incinération est aussi la méthode recommandée pour cette catégorie des déchets. Une autre possibilité est de les traiter comme les autres déchets après désinfection ou stérilisation.

6.4.3. Déchets pointus et tranchants

L'incinération est la méthode recommandée pour les seringues, aiguilles et couteaux non réutilisables, qui devraient être transportées jusqu'à l'incinérateur dans des emballages protecteurs combustibles.

6.4.4. Déchets pharmaceutiques

Tous les produits pharmaceutiques non utilisés doivent être retournés à la pharmacie, qui déterminera la meilleure méthode d'élimination (incinération ou retour au fabricant par exemple). Les récipients sous pression peuvent être mis soit en décharge, soit recyclés.

6.4.5. Déchets aqueux et autres déchets liquides

Les eaux usées et autres effluents liquides doivent être analysées pour déterminer s'ils contiennent des polluants tels que métaux lourds, solvants organiques, solvants chlorés, ou si, de par leur PH, ils risquent de perturber le fonctionnement des installations de traitement.

6.4.6. Récupération du mercure métallique

Les résidus de mercure métallique proviennent des thermomètres et autres appareils doivent être recueillies par des méthodes sûres et vendus à une entreprise de recyclage. Le mercure métallique ne doit jamais être brûlé car cette combustion produit des gaz toxiques.

6.4.7. Récupération de l'argent des bacs de développement photo

Les solutions de développement provenant des services de radiologie contiennent des quantités appréciables d'argent, qui peuvent être récupérées par électrolyse, opération faisable dans une entreprise de récupération.

6.5. Plans de gestion des déchets

Pour pouvoir établir un programme efficace de gestion des déchets pour tout Établissement de soins de santé, il est indispensable d'exécuter une étude sur les déchets qui sont produits ou qui sont susceptibles de l'être. Il faut ensuite faire un choix sur les méthodes de stockage des déchets et les modalités et moyens d'appliquer: séparation des catégories de déchets, stockage initial. Un stockage initial sera nécessaire à proximité des sources des déchets, et des locaux spéciaux doivent être prévus dans les départements cliniques: services des soins, blocs opératoires, unités spéciales (de dialyse rénale,...)

La politique générale de traitement et élimination des déchets doit être arrêtée dès le début de la planification, ce qui implique les choix suivants:

- Incinération sur les lieux, ou transport jusqu'à un incinérateur central ou régional:
- Incinération de tous les déchets ou de certains déchets seulement (déchets anatomiques, infectieux, etc...)
- Si l'on choisit l'incinération sur les lieux, faisabilité et intérêt économique de la récupération de chaleur.
- Opportunité et faisabilité d'automatiser les méthodes internes de maniement des déchets. Lors de l'implantation des plans des bâtiments et services, on doit notamment prendre en compte les aspects suivants:
 - Séparation du "flux" propre et du "flux" sale.

- Accès satisfaisants des véhicules aux zones de service
- système de ventilation et de refroidissement
- Installation de lavage et de changement de vêtements pour le personnel
- Capacité minimale de stockage de 48 heures pour les déchets en instance d'enlèvement
- Point de stockage séparé pour les matières recyclables
 - Besoins en électricité, en stocks de combustible, en alimentation en eau et en conduits d'évacuation pour les fonctions d'élimination des déchets.

Chapitre 7: Préparation et conservation des aliments

7.1. Définition d'une denrée alimentaire nuisible.

En fonction de la législation du pays, une denrée peut être considérée nuisible:

1°) Les denrées ou substances alimentaires

- a) Préparées à partir des matières impropres à la consommation humaine,
- b) Dont l'odeur ou le goût révèle une altération ou une contamination
- c) Moisies, fermentées ou gâtées de quelque autre façon que ce soit, exception faite pour les denrées ou substances alimentaires dont l'état moisi ou fermenté est propre à la denrée et résulte d'un procédé normal de fabrication ou de préparation.
- d) Contenant des micro-organismes pathogènes ou des toxines d'origine microbienne.
- e) Contenant d'autres substances en quantités toxiques ou nuisibles
- f) Contenant des impuretés de nature ou d'origine animale ou d'autres corps étrangers
- g) contenant un additif non autorisé ou contenant en une quantités trop élevée un additif autorisé.

2°) Les denrées ou substances alimentaires:

- a) pour lesquelles une date limite de consommation a une mention semblable est prévue dans un règlement et dont cette date est dépassée(le producteur s'engage de la larguer et donc de supporter les conséquences.
- b) Pour lesquelles les conditions d'entreposage sont prévues dans un règlement sans qu'il soit satisfait à ces conditions.

3°) Les denrées alimentaires contenues en boîte métallique

- a) Lorsque la boîte est rouillée ou lorsqu'elle présente des fuites
- b) Lorsque la boîte est bosselée ou présente d'autres formations de telle sorte qu'elle peut devenir perméable aux gaz, aux liquides ou aux micro-organismes
- c) Lorsque les parois planes de la boîte sont bombées

7.2. Moyens de protection des denrées alimentaires

7.2.1. Législation

La législation du pays doit protéger les qualités des denrées alimentaires consommées par ses citoyens. Elle doit couvrir:

- * La planification des denrées alimentaires: Surveillance de la fabrication ou préparation des denrées destinées à la vente, interdire l'emploi des matières, ustensiles ou objets nuisibles ou dangereux.
- * Le contrôle des denrées alimentaires ou substances alimentaires et autres produits.
- * La protection de la santé des consommateurs en étudiant et en recherchant tout ce qui contribue au progrès de l'hygiène et de formuler des propositions jugées utiles, en donnant des avis sur les questions d'ordre sanitaires et hygiéniques des denrées alimentaires(par un conseil)

- * La composition et la dénomination des denrées alimentaires
- * Les méthodes de fabrication et de conservation
- * L'importation et l'exportation des denrées alimentaires
- * L'hygiène, additif et contaminants des denrées alimentaires
- * Étiquetage et publicité des denrées alimentaires

7.2.2. Contrôles microbiologiques et Physico-chimiques des denrées alimentaires

7.2.2.1 Contrôle microbiologique

La qualité bactériologique d'un produit alimentaire présente deux aspects:

- La qualité hygiénique qui caractérise le risque pour la santé du consommateur
- La qualité commerciale qui caractérise l'existence ou le risque d'altération. La valeur des résultats de l'analyse bactériologique dépend aussi de 2 facteurs:
 - > Le prélèvement réalisé en fonction des critères d'échantillonnage
 - > Pas de transformation bactériologique par rapport à l'aliment.

Le contrôle porte sur :

- L'eau
- Le lait et produit laitier
- Bière et boissons rafraîchissantes
- Viandes et produits de viande
- Oeufs et produits d'oeufs
- Produits de pêche
 - Aspect sanitaire
 - Aspect économique(aspect, goût, odeur)
- Produits végétaux(altération organoleptiques)
- Plats cuisinés(précuits)
- conserves et semi- conserve
- Le contrôle impliquera par ailleurs la surveillance du matériel, de l'atmosphère et du personnel.

7.2.2.2 Contrôle physico-chimique

--> Empêcher la commercialisation des produits falsifiés, altérés ou toxiques.

Falsification, Altération et Intoxication

- La falsification d'un produit résulte d'un acte positif ayant pour résultat une modification de la composition quantitatives et / ou quantitative d'une denrée.
- L'altération n'est pas forcément liée à un acte volontaire. Elle résulte, soit d'un manque de précautions, d'observations ou de respect des règles des bonnes pratiques dans le domaine agro-alimentaire, soit d'une contamination involontaire d'origine agricole ou industrielle

Les examens physico-chimiques auront comme objectif:

- * De contrôler la composition qualitative et quantitative des denrées alimentaires
- * De rechercher, identifier et doser les produits toxiques éventuellement générées par les denrées ou captées par elles

7.3. La contamination de la chaîne alimentaire

Les denrées alimentaires peuvent être contaminées des diverses manières, 4 modes différents sont envisageables:

* Altération: modification des propriétés des denrées alimentaires pendant son stockage. Ex: lait non bouillie --> coagulation.

* Une falsification se fait quand le manipulateur des denrées fait quelque chose dans la volonté de tromper le consommateur. Ex: Ajouter de l'eau dans le lait de vache, par les femmes Hema

* Une contamination de lieu quand il y a apport des substances étrangères dans les denrées alimentaires.

* Les additifs sont produits non dangereux ajoutés dans les denrées alimentaires dans le but de protéger la qualité de ces dernières. Un additif peut devenir contaminant s'il est mal utilisé ou s'il est mis dans les denrées à concentration élevée. Ces additifs sont introduits dans les aliments pour divers but:

--> Colorer: Certains colorants ont un effet cancérigène(colorants azoïques, jaune de beurre pour teinter la margarine.

--> Conserver: Les conservants ont le rôle d'accroître les possibilités de conservation des denrées alimentaires en diminuant le risque de prolifération microbienne(effet antimicrobien et antifongique.) Leur diversité est très grande. Citons pour mémoire l'anhydride sulfureux et ses dérivés(métasulfites) utilisés pour la conservation de boissons, l'acide sorbique et les sorbates pour conserver les fruits,...

--> Les antioxydants: Ralentissent les phénomènes d'oxydation. les vit c et E interviennent pour ces phénomènes. Ex: On évite le rancissement(altération des aliments contenant des matières grasses caractérisée par l'apparition de goût et d'odeur désagréables et parfois par une modification de la couleur) de certaines graisses en utilisant le Vit E dans la solution.

--> Les modifications des textures: Ce sont les épaississants, émulsifiants et gélifiants qui sont notamment utilisés en pâtisserie(crème fraîche, crème glacé)

--> Glutamate: C'est un renforçateur du goût, notamment de la saveur salée, utilisé dans certaines cuisines(chinoise par exemple). Toutes substances sont normalement dépourvues de propriétés délétères(nuisible, toxique)

Cette contamination peut se faire par:

--> Des micro-organismes:

a) contaminations bactériennes

***Les salmonelloses:** Les salmonelloses(typhoïde et paratyphoïdes) sont des véritables maladies infectieuses liées à l'invasion de la muqueuse colique par des entérobactéries(salmonelle, shigelle). Celles-ci proviennent de nourriture(essentiellement la viande) contaminée par les fèces ou des urines humaines ou animales. La prophylaxie passe par une hygiène très stricte des abattoirs et des cuisines. Après un délai d'incubation de 10 à 48 heures apparaissent des désordres digestifs, une fièvre(38,5 - 39°) et une altération de l'état général.

* La listeriose: Le listeria est un germe présent dans le lait et les fromages. Il n'est pas éradiqué par la pasteurisation. L'infection est habituellement bénigne, mais peut parfois donner une atteinte cérébro-méningée, le plus souvent mortelle(enfant notamment)

* **La Brucellose:** Brucelles peut se transmettre par voie digestive via le lait cru et les fromages frais.

b) Toxi-infections alimentaires

*** Staphylocoque doré**

Dans la majorité des cas, l'aliment en cause(charcuterie, crèmes, pâtisseries) a été contaminé par un manipulateur présentant des lésions cutanées staphylococciques, porteur de staphylocoques dans les rhinopharynx. L'éventuelle cuisson avant le repas aura détruit les germes, mais pas l'enterotoxine qui est thermostable. Elle agresse l'intestin, ce qui provoque rapidement après 2 à 3 heures des douleurs abondantes colicatives et une diarrhée. L'évolution est rapidement favorable

*** Clostridium perfringens**

Cette intoxication est particulièrement fréquente avec certains types d'aliments dont la langue mal préparée. Tableau similaire entre celui de staphylocoque doré.

c) Contamination par des parasite

L'aliment cru(viande, fruits) et l'eau souillée(végétaux) sont secteurs des divers parasites pouvant donner des parasitoses comme: l'amibiase, ascaridiose.

Prévention: - éviter l'aliment végétal souillé(bien laver)

- cuire suffisamment la viande.

d) Contamination virale

Eau contaminée --> poliomyélite et hépatite virale

e) Contamination chimique

- **Les nitrates**: la première place des contaminants revient aux nitrates, dus à la décomposition de la matière organique du sol, surtout engrais nitrés de légumes(carottes, épinards)

--> Methemoglobinémie.

- **LE DDT et Insecticides** apparentés

Les pesticides organochlorés(DDT) ou organophosphorés (parathion = anticholinostérasique) peuvent être des dangereux contaminants.

f) Contaminants par les métaux

--> Plomb, cuivre, nickel, étain, aluminium, Arsenic, cadmium et le mercure.

- Intoxication au plomb: Saturnisme(vue les peintres, doreur,...)

- alimentaire(conserve, tuyaux de plomb des conduites d'eau cidres, poteries,...)

g) Contaminations par les médicaments

--> Résidus d'antibiotiques des viandes, laitages après traitement ou prévention des infections, amélioration de la croissance des bêtes

--> Hormones et anabolisants. Ex: "Poulet aux hormones"(oestrogène) a provoqué des effets hormonaux féminisants chez l'homme

* Vétérinaire tué à Liège en 1995 essayant d'interdire l'usage d'hormones anabolisants.

h) risques toxiques dus à des fraudes

1°) Méthanol

Si injection accidentelle ou tentative suicide --> courue avec cécité.

2°) Diéthylène- glycol(antigel)

Utilisés pour la douceur et ce moelleux au vin blanc =>acidose lactique et une oligo-anurie

i) contamination radioactive des aliments.

En cas d'accident nucléaire(Tchernobyl), il convient avant tout d'interdire la consommation de lait frais(surtout chez l'enfant), riche en iode 131

g) Les différents problèmes de contamination alimentaires souligne la nécessité d'un contrôle très strict de l'alimentation.

" Une nourriture propre manipulée par des mains propres dans des endroits propres " avec protection vis à vis des insectes, notamment dans non pays chauds.

7. 4. Mécanismes d'altération des denrées alimentaires

1. Définition de la qualité d'un aliment

Le terme qualité implique les caractéristiques suivantes:

a) Les propriétés organoleptiques

* Apparence: forme, couleur, etc.

* Flaveurs(Sensations (Odeur, goût), résultant de la consommation d'un aliment), arôme, saveur

* Texture

b) La salubrité

Absence d'actions toxiques, de micro-organisme pathogène ou toxicogènes.

c) La Valeur nutritionnelle

* Teneur en calories, protéines, lipides, vitamines et oligo-éléments indispensables.

* Digestibilité et disponibilité des nutriments

d) Les propriétés fonctionnelles

e) La stabilité

f) Le coût

g) Les facteurs de nature psychologiques qui sont variés:

* La nature et la composition des matières mises en oeuvre

- * l'ensemble des réactions favorables ou défavorables qui suivent la récolte, l'abattage.
- * Les traitements technologiques auxquels sont soumis les matières premières.
- * Les conditions et la durée de l'entreposage et le mode de distribution.

Altération microbienne des denrées alimentaires.

Ces altérations dépendent de nombreux facteurs liés:

- * Aux caractères de l'aliment:
 - le pH: Si l'aliment est acide => possibilité d'être altéré par les moisissures ou les levures.
Neutre ou Alcalin => altération par les bactéries.
 - Potentiel d'oxydoréduction: aérobie ou anaérobie
 - Activité de l'eau: moins il y a de l'eau, plus l'aliment est inattaquable.
 - Nutriments
 - Composés antimicrobiens naturels: acide benzoïque dans certains baies, lysozyme dans le blanc d'oeuf, etc.
- * Aux traitements auxquels a été soumis l'aliment
 - Modification des caractères physiques et chimiques par la cuisson, le fumage, etc.
 - Traitements thermiques: température, durée
- * Conditions ambiantes
 - Température d'entreposage: Pour chaque micro-organisme, il existe une température optimum de développement.

Micro-organisme	Température		
	Minimum	Optimum	Maximum
Psychrophiles	- 15 °	+ 10 °	+ 20°
Mésophiles	5 à 10°	30 à 40°	50°
Thermophiles	+ 40°	50 à 55°	+ 65°

--> Nature et caractéristiques des micro-organismes:

- * Vitesse de croissance
- * Symbiose et antagonisme.

Table des matières

Chapitre I. Introduction.....	4
1.1 L'Assainissement, Qu'est-ce que c'est ?.....	4
1.2. Sources des déchets.....	4
Chapitre II. Généralités.....	5
2.1 La pollution de l'eau	
2.1.1 La raréfaction de l'eau douce.....	6
2.1.2 Augmentation de la population.....	6
2.1.3 Diminution de la qualité de l'eau douce.....	7
2.1.3.1 Les eaux de surface (rivières, fleuves, lacs) subissent	
2.1.3.2 Les eaux profondes ou souterraines.....	8
2.2 La pollution de l'air.....	8
2.3 La pollution par les déchets solides.....	9
2.4 Les types d'effets de la pollution sur la santé.....	9
2.4.1 Effets toxicologiques.....	9
2.4.2 Effets épidémiologiques.....	10
2.4.3 Les effets écologiques.....	10
2.4.4.Effets Sociologiques, Psychologiques ou sentimentaux.....	10
Chapitre III. La taille des problèmes.....	11

Chapitre IV: Les eaux.....	12
4.1 . Principales sources de Pollution de l'eau.....	12
4.1.1. Les eaux de pluie.....	12
4.1.2. Les sources naturelles.....	12
4.1.3. Sources domestiques.....	13
4.1.3.1 Les eaux ménagères.....	13
4.1.3.2 Les eaux vannes.....	13
4.1.4. Sources agricoles.....	14
4.1.5. Sources industrielles.....	15
4.2 . Mesures de pollution d'eau.....	16
4.2.1. DC0(demande chimique en oxygène).....	16
4.2.2. La DBO5 = DBO - 5 jours à 20 °C.....	16
4.3. Principes des techniques d'épuration.....	17
4.3.1 Traitements à caractères physique dominant.....	17
4.3.1.1. La décantation.....	17
4.3.1.2. Dessablage.....	18
4.3.1.3 La coagulation et la floculation.....	18
4.3.1.4 La filtration.....	22
4.3.1.5° La flottation naturelle.....	24
4.3.1.6 Adsorption.....	24
4.3.1.7 Dégazage et Désorption.....	25
4.3.2 Traitements à caractère chimique dominant.....	25
4.3.2.1 Neutralisation.....	25
4.3.2.2 L'Oxydo - Réduction.....	25
4.3.2.3 Précipitation.....	26
4.3.2.4 Échange Ionique.....	26
4.3.3 Traitements à caractère biologique dominant.....	27
4.3.3.1. Introduction.....	27
4.3.3.2. Types de biodégradation.....	27
4.3.3.3. Les opérations Aérobie.....	29
4.3.3.4 Les opération anaérobies.....	32
Quelques normes pour les installations sanitaires en milieu rural africain.....	37
4.3.3.5. Les opérations mixtes.....	38
4.4. Les eaux potables.....	39
4.4.1. Caractéristiques des eaux naturelles.....	39
4.4.2. Paramètres exigés pour l'eau potable).....	40
4.4.2.1 Paramètres organoleptiques.....	40
4.4.2.2 Paramètres physico - chimiques en relation avec la structure des eaux.....	41
4.4.2.3 Paramètres concernant des substances indésirable(en quantité excessive).....	41
4.4.2.4 Paramètres concernant les concentrations maximales de certaines substances toxiques... 41	41
4.4.2.5 Paramètres microbiologiques.....	42
4.4.2.6. Dureté totale.....	42
4.4.2.7. Conductivité.....	42
4.4.2.8. Oxydabilité(DCO) demande chimique en Oxygène qui mesure des substances réductrices présentes dans l'eau. Elle est mesurée en mg O2 par litre. En absence de substances réductrices minérales(Fe ⁺⁺ , NO ₂ ⁻ , SO ₃ ⁼ , S=,...), ce sont les matières organiques seules qui réagiront. Ce test donne alors une indication sur la pollution par les matières organiques.....	42
4.4.3. Traitement des eaux destinées à la distribution d'eau potable.....	42
4.4.3.1. La stérilisation des eaux.....	42
4.4.4. Quelques détails techniques sur les sources d'eau en milieu rural.....	46
4.4.4.1. Type de sources.....	46
4.4.4.2. Mesure de débit d'une source d'eau.....	47
4.4.4.3. Prospection.....	47
4.4.4.4. Aménagement de la source d'eau.....	48
Chapitre 5: Les déchets solides.....	52
5.1. Généralités.....	52
5. 2. classification des déchets solides.....	53
5.2.1. Plusieurs types des déchets sont à considérer	
5.2.1.1. Déchets ménagers.....	53
5.2.1.2. Déchets de commerces ou de bâtiments publics.....	53
5.2.1.3. Déchets de voirie(ensemble du réseau des voies de communication terrestres, fluviales, maritimes et aériennes appartenant au domaine public).....	
53	

5.2.1.4. déchets sauvages ou "litters".....	53
5.2.1.5. déchets agricoles et des industries agro-alimentaires.....	53
5.2.1.6. Déchets industriels.....	54
5.2.1.7. Déchets miniers.....	54
5.2.1.8. Boues d'épurations.....	54
5.2.1.9. Déchets hospitaliers.....	54
5.2.1.10. Déchets divers.....	54
5.2.1.11. Déchets radioactifs.....	54
5.3. Les déchets domestiques.....	55
5.3.1. Définition.....	55
5.3.2. Composition.....	55
5.3.3. Propriétés des déchet.....	55
5.3.3.1. Densité.....	55
5.3.3.2. Pouvoir calorique.....	55
5.3.3.3. Humidité.....	55
5.3.3.4. Teneur en cendres.....	55
5.3.4. Abondance et évolution.....	56
5.3.5. Effets des déchets.....	56
5.3.5.1. Aspect sanitaire.....	56
5.3.5.2. Pollution de l'air.....	56
5.3.5.3. Pollution de l'eau.....	56
5.3.5.4. Pollution du sol.....	56
5.3.5.5. Atteinte à la faune et à la flore.....	57
5.3.5.6. Aspect social.....	57
5.3.5.7. Aspects économiques.....	57
5.4. La collecte des déchets.....	57
5.4.1. Les types de collecte.....	57
5.4.1.1. Collecte ouverte.....	57
5.4.1.2. Collecte hermétique.....	58
5.4.1.3. Collecte en sacs.....	58
5.4.1.4. Collecte en containers.....	59
5.4.1.5. Collecte pneumatique.....	59
5.4.1.6. Collecte automatique.....	59
5.4.1.7. Collecte sélective.....	60
5.5. Le transport des déchets.....	60
5.6. Les pretraitements.....	61
5.6.1 Broyage	
5.6.1.2 Le triage.....	61
5.7. Élimination ou traitements des déchets.....	61
5.7. 1 La mise en décharge.....	61
5.7.1.1. La décharge brute.....	61
5.7.1.2. La décharge contrôlée.....	62
5.7.2. Le compostage.....	69
5.7.2.1.Le Sol.....	69
5.7.2.2. Rôle du compost.....	71
5.7.2.3 . La dégradation des matières organiques.....	71
5.7.2. 4. Les techniques de compostage.....	72
5.7.2. 5. Appréciation du procédé.....	73
5.7.3. L'incinération.....	74
5.7.3.1. Généralités.....	74
5.7.3.2. Phases d'Incinération.....	75
5.7.3.3. La combustion des déchets ménagers.....	76
5.7.3.4. Amélioration de la qualité de la combustion.....	77
5.7.3.5 La pollution chlorée.....	77
5.7.3.6 Dégagement d'odeurs.....	78
5.7.3.7 Appréciation du procédé.....	78
5.7.3.8. Les traitements nouveaux.....	78
Chapitre 6: La gestion des déchets des hôpitaux.....	80
6.1. Les catégories de déchets et leurs sources.....	82
6.1.1. déchets ordinaires.....	82
6.1.2 Les déchets anatomiques.....	82
6.1.3. Les déchets radioactifs.....	82
6.1.4. Les déchets chimiques.....	82
6.1.5. Les déchets infectieux.....	83

6.1.6. Les déchets pointus ou tranchants.....	83
6.1.7. Les déchets pharmaceutiques.....	83
6.1.8. Les emballages sous pression.....	83
6.2. Risques professionnels et risques de santé.....	83
6.3. Incidences des déchets provenant des soins de santé sur la santé humaine et sur l'environnement.	85
6.4. Méthodes de traitement et d'élimination des déchets.....	86
6.4.1. Déchets anatomiques.....	
6.4.2. Déchets infectieux.....	86
6.4.3. Déchets pointus et tranchants.....	86
6.4.4. Déchets pharmaceutiques.....	87
6.4.5. Déchets aqueux et autres déchets liquides.....	87
6.4.6. Récupération du mercure métallique.....	87
6.4.7. Récupération de l'argent des bacs de développement photo.....	87
6.5. Plans de gestion des déchets.....	87
Chapitre 7: Préparation et conservation des aliments.....	88
7.1. Définition d'une denrée alimentaire nuisible.....	88
7.2. Moyens de protection des denrées alimentaires.....	89
7.2.1. Législation.....	89
7.2.2. Contrôles microbiologiques et Physico-chimiques des denrées alimentaires.....	89
7.2.2.1 Contrôle microbiologique.....	89
7.2.2.2 Contrôle physico-chimique.....	90
7.3. La contamination de la chaîne alimentaire.....	90
7.4. Mécanismes d'altération des denrées alimentaires.....	94
Bibliographie.....	96

Bibliographie

- Bernard et Geneviève Pierre, *Dictionnaire Médical* pour les régions tropicales, Bureau d'études et de Recherches pour la Promotion de la Santé, Kangu Mayumbe, 184, p.68
- Dotreppe-Grisard N., *Les déchets solides: Traitement, destruction, valorisations*, Éditions CEBEDOC, Liège, 1983, 95p.
- Dotreppe-Grisard N., *Technologie d'assainissement*, Éditions CEBEDOC, Liège, 1994, 110p.
- ECZ, *Comment bâtir la vie*, manuel pour les agents de développement des églises, Centre Protestant d'Éditions et de Diffusion, Kinshasa, pp.66-67, 70-71.
- Franceys R., Pickford J., Reed R., *Guide de l'assainissement individuel*, O.M.S., Genève, 1995, pp.3,4, 25 - 32.
- Gilles Delmas, *Les déchets dans un camp de réfugiés*, in *Developpement et Santé*, revue de perfectionnement infirmier en pays tropical, n° 89, d'octobre 1990, pp. 22 - 27
- Ministère de la santé publique, *Système National d'Information Sanitaire*, Centre de Santé, Canevas du rapport annuel, Kinshasa, 1991, p.4.
- Noirfalise A., *Bromatologie*, Presses Universitaires de Liège, 1987, pp.18-52.
- Srebrnik-Friszman S., *Substances toxiques naturelles dans l'alimentation*, Presses universitaires de Liège, Institut de Pharmacie, Février 1993, 30 p.
- Tellep - Bissec, *Que faire des déchets hospitaliers*, in *Jeune Afrique*, n° 1881 du 22 au 28 janvier 1997, pp. 26-27.
- Wilhem Jean-Paul, *L'organisation sanitaire dans un camp de réfugiés*, in *Developpement et Santé*, revue de perfectionnement infirmier en pays tropical, n° 83, d'octobre 1989, pp. 15 - 18