

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR & DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MENTOURI DE CONSTANTINE
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA TERRE, DE GÉOGRAPHIE
ET DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

N° d'Ordre

Série

THESE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT D'ÉTAT

OPTION : URBANISME

Présentée par : AMRI BRAHIM

THÈME

**POLLUTION ET NUISANCES ENVIRONNEMENTALES: PROBLÈMES DE
DÉCHARGES ET CARENCES EN ASSAINISSEMENT
- CONSTANTINE -**

Sous la direction du : Pr SAHNOUNE TAYEB

Jury d'Examen :

Président :	LAKEHAL. A	Pr. Université de Constantine
Rapporteur :	SAHNOUNE. T	Pr. Université de Constantine
Examineur :	CHAOUCHE. S	M.C Université de Constantine
Examineur :	DJEMILI. A	M.C Université de SETIF
Examineur :	ZEMMOURI. N	M.C Université de BISKRA

Décembre 2008

Résumé

Depuis les 60 dernières années, où la population de la Terre est passée de 2 milliards à 6 milliards cinq cents millions d'individus, la pollution s'est intensifiée pour atteindre des proportions alarmantes.

Aujourd'hui la pollution déstabilise l'équilibre naturel des écosystèmes, et fini par constituer un sujet d'inquiétude croissant dans les zones urbaines, et industrielles.

Les avancées technologiques dans différents domaines (transport, médecine, télécommunication, agriculture, énergie, ...), ont permis en Europe, aux Etats-Unis, et dans d'autres pays de toute la planète Terre, l'amélioration des conditions de vie, et de progrès. Tous ces progrès, n'ont malheureusement pas été sans gravité sur les milieux naturels, qui se trouvent affectés par des rejets liquides, par des fumées et des gaz toxiques, et par les déchets difficilement assimilables par la nature.

La prise de conscience d'intégrer les préoccupations environnementales dans la politique industrielle s'est alors traduite, par l'organisation du premier sommet de la terre à Stockholm en juin 1972.

Pour saisir la complexité de ce grand fléau des temps modernes que l'humanité ait à affronter dans les prochaines décennies, nous avons pris pour objet d'étude, l'exemple d'une grande ville de l'Est algérien : Constantine.

Classée au troisième rang dans la hiérarchie des villes algériennes, Constantine voit depuis longtemps, se dégrader son paysage, et son environnement.

Se fondant sur une étude de cas, ce travail vise à mettre en évidence l'aggravation de la pollution que connaît la ville métropole.

Il s'agit pour nous, d'identifier les différents éléments constitutifs de ce phénomène, ainsi que leur interaction au sein d'un processus complexe, et dynamique. Que ce soit à travers la prolifération d'extension anarchique sous la forme de bidonvilles, ou d'habitations précaires, ou de clivage entre les initiatives publiques et privés, ou bien les difficultés émanant du site même, ce travail de recherche montre le caractère de plus en plus inquiétant de cette dégradation environnementale.

Problème des décharges, carences en assainissement, toutes les actions entreprises dans cette ville au site contraignant, restent inefficaces, face à ce fléau qui détruit la nature, et l'environnement

Mots clés : pollution, nuisance, environnement, étalement urbain, écosystème, changement climatique, effet de serre.

REMERCIEMENTS

Cette thèse de Doctorat d'État a été menée sous la direction du Professeur SAHNOUNE TAYEB Directeur du laboratoire "Urbanisme et Environnement", à qui j'exprime toute ma gratitude pour les conseils, et les corrections qu'il a apporté à ce travail.

Je remercie vivement le Professeur LAKEHAL. A pour son aide, sa collaboration, et pour avoir accepté d'être le président de ce jury. Je remercie par ailleurs le Docteur CHAOUCHE. S, pour son aide et pour toutes les remarques qu'il a exprimé. Je remercie également le Docteur DJEMILI. A de l'université de Sétif pour sa contribution, et pour avoir accepter d'être examinateur dans ce jury. Mes remerciements sont adressés également au Docteur ZEMMOURI. N de l'université de Biskra, pour tous les conseils qu'il m'a apporté, et d'avoir accepté d'être examinateur dans ce jury.

Je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères à toute ma famille, et à tous les enseignants du département d'Architecture de Constantine, et de Batna.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur le Doyen de la Faculté des Sciences de la Terre le Professeur CHERAD .M.S, Monsieur KADOUR responsable de la post graduation au département d'architecture, et également aux enseignants GUENADEZ. Z, DERROUCHE. A, BENSEBAINI.T pour leur contribution.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude, et ma reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Qu'ils soient vivement remerciés.

Table des matières :

Résumé.....	I
Remerciement.....	II
Table des matières.....	III
Liste des tableaux.....	XII
Liste des figures.....	XII
Liste des photos.....	XIII
1. INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
2. PROBLÉMATIQUE	5
3. METHODOLOGIE.....	9
 PREMIÈRE PARTIE :	15
LA POLLUTION DE LA PLANÈTE OU FLÉAU DES TEMPS MODERNES	
 INTRODUCTION	15
CHAPITRE I : LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE.....	18
Introduction.....	18
I-1- L'ATMOSPHERE TERRESTRE : UN MILIEU FRAGILE QUI COMPROMET L'AVENIR DES ÉCOSYSTÈMES	19
I-2- ORIGINE ET EVOLUTION DE L'ATMOSPHERE	20
I-3- LA STRUCTURE DE L'ATMOSPHERE	21
I-3-1- Les différentes couches de l'atmosphère.....	22
I-3-1-1- La troposphère : siège des mouvements de convection qui dilue la pollution.....	23
I-3-1-2- La stratosphère : lieu où se concentre la couche d'ozone	24
I-3-1-3- La mésosphère.....	25
I-3-1-4- La thermosphère	25
I-3-1-5- L'ionosphère	26
I-3-1-6- L'exosphère	26
I-3-1-7- La magnétosphère	26
I-4- LA POLLUTION DE L'AIR.....	26
1-4-1- La pollution de l'air: un fait naturel aggravé par les activités humaines	27
1-4-2- La pollution naturelle : effets du vent et des éruptions volcaniques.....	30
I-4-3- Les polluants dus aux activités humaines : une altération de tous les milieux par des contaminants industriels et des transports.....	31

I-5- LES PRINCIPAUX POLLUANTS QUE LES HOMMES REJETTENT DANS L'ATMOSPHERE.....	32
I-5-1- Les oxydes de soufre	33
I-5-2- Les oxydes d'azote.....	34
I-5-3- Les oxydes de carbone	35
I-6- LES EFFETS DE LA POLLUTION DE L'AIR	36
I-6-1- Effets de la pollution de l'air sur la santé des hommes.....	37
I-6-2- Effets des polluants atmosphériques sur le bâti.....	38
I-6-3- Effets de la pollution de l'air sur la végétation.....	40
I-6-4- Effets de la pollution sur la vie terrestre animale	43
I-6-5- Effets de la pollution de l'air à l'échelle de la région	44
I-7- SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR : SOUCI ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE.....	45
I-8- LES SOLUTIONS POUR RÉDUIRE LA POLLUTION DE L'AIR.....	47
Conclusion.....	49
CHAPITRE II : MODIFICATIONS CLIMATIQUES ET POLLUTION	50
Introduction.....	50
II-1- LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	50
II-2- LES CONSÉQUENCES DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE.....	51
II-3- AUGMENTATION DES TAUX DE CONCENTRATION DES GAZ À EFFET DE SERRE : LE CRI D'ALARME DES SCIENTIFIQUES.....	53
II-4- LE PRINCIPE DE L'EFFET DE SERRE.....	54
II-5- LES PRINCIPAUX GAZ A EFFET DE SERRE	56
II-5-1- La vapeur d'eau: un gaz à effet de serre de courte résidence dans l'atmosphère	58
II-5-2- Le dioxyde de carbone (CO ₂) : un gaz à effet de serre qui s'est largement intensifié depuis l'ère industrielle.....	58
II-5-3- Le méthane CH ₄ : un gaz des marais qui contribue à l'augmentation de l'effet de serre.....	60
II-5-4- Le protoxyde d'azote (N ₂ O)	63
II-5-5- L'oxyde d'azote NO _x : un gaz qui augmente la formation de l'ozone troposphérique.....	63
II-5-6- L'ozone (O ₃)	64
II-5-7- Les halo carbures ou gaz à effets de serre d'origine humaine.....	65
II-6- LES EFFETS DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE	66
II-6-1- Rupture de la plus grosse plate forme glaciaire de la région Arctique.....	66
II-6-2- Diminution de l'étendue, et de l'épaisseur de la calotte glacière	67
II-6-3- Le recul de la surface des glaciers.....	68

II-6-4- Les effets du dégel du permafrost	69
II-6-5- La disparition des neiges "éternelles" du Kilimandjaro.....	70
II-6-6- La fonte et la dislocation des glaces au Groenland.....	71
II-6-7- Elévation des températures : un risque qui menace la vie de tous les êtres sur la planète.....	73
II-6-8- L'intensification des tornades et des ouragans	73
II-6-9- L'intensification des pluies et orages	74
II-6-10- Le dessèchement du plus grand lac du monde.....	75
II-7- LES ACTIVITES HUMAINES : INTENSIFICATION DES DIFFERENTES FORMES DE POLLUTION.....	76
II-7-1- Les moyens de transport et la pollution de l'air	77
II-7-2- La pollution par l'agriculture et l'élevage.....	79
II-7-2-1- L'azote un élément indispensable à la vie des plantes mais polluant de la nature	81
II-7-2-2- Les pesticides : des composés chimiques mal utilisés en agriculture	83
II-7-2-3- Le rejet animal : un mélange nauséabond d'urine et de matières fécales polluant les nappes phréatiques	84
II-8- POLLUTION DE L'EAU.....	85
II-8-1- Les causes de pollution des eaux naturelles.....	86
II-9- LA POLLUTION ODORANTE.....	86
Conclusion.....	88
CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE.....	89
Référence	

DEUXIÈME PARTIE	90
CONSTANTINE : UNE MÉTROPOLE RÉGIONALE QUI SE DÉVELOPPE ET SE DÉGRADE	
INTRODUCTION.....	90
CHAPITRE I : SITE ET SITUATION DE CONSTANTINE	92
Introduction.....	92
I-1- PRESENTATION DE LA WILAYA.....	93
I-2- CONSTANTINE : UNE MÉTROPOLE RÉGIONALE AU SITE EXCEPTIONNEL.....	95
I-3- CONSTANTINE LA VILLE DES PONTS.....	97
I-3-1- Le pont suspendu de Sidi M'Cid : un ouvrage qui relie deux rochers..	97
I-3-2- Le pont de Sidi Rached : un pont de pierre symbole de Constantine	98
I-3-3- La passerelle PERREGAUX : un ouvrage de liaison pédestre.....	99

I-3-4- Le pont du Diable	100
I-3-5- Le pont des chutes.....	100
I-3-6- Le pont d'El Kantara	100
I-4- LE CLIMAT DE CONSTANTINE	101
I-4-1- La pluviométrie	101
I-4-2- Le vent : un facteur d'érosion et de pollution	102
I-5- LE SITE DE CONSTANTINE.....	103
I-5-1- Le site du Rocher:	104
I-5-2- Les sites des plateaux	104
I-5-3- Les sites des vallées	105
I-5-4- Les sites des collines.....	105
I-6- CONSTANTINE : UN PÉRIMÈTRE URBAIN DIVISÉ EN DIX ARRONDISSEMENTS	106
I-6-1- Arrondissement de Sidi Mabrouk	106
I-6-2- Arrondissement de Sidi Rached	107
I-6-3- Arrondissement de Bellevue	107
I-6-4- Arrondissement les Muriers	107
I-6-5- Arrondissement d'el Kantara	108
I-6-6- Arrondissement de Boudraa Salah	109
I-6-7- Arrondissement de Ziadia	109
I-6-8- Arrondissement d'el Gammas	110
I-6-9- Arrondissement de kitouni	110
I-6-10- Arrondissement du 5 Juillet	111
Conclusion.....	111
CHAPITRE II : LA VIEILLE VILLE DE CONSTANTINE : UN LOURD HERITAGE DU PASSÉ.....	113
Introduction.....	113
II-1- UNE VIEILLE VILLE ARABO BERBÈRE ET OTTOMANE BÂTI EN DÉGRADÉE	113
II-2- LA VIEILLE VILLE DE CONSTANTINE : UNE JUXTAPOSITION DE DEUX TISSUS ANCIENS	114
II-3- LA MEDINA DE CONSTANTINE: UN PATRIMOINE CLASSÉ PAR L'UNESCO	115
II-4- LE NOYAU ORIGINEL DE CONSTANTINE: UN PATRIMOINE HISTORIQUE EN ABANDON	117
II-5- RENOVATION DE LA PARTIE HAUTE DE LA VIEILLE VILLE : UNE TRANSFORMATION RADICALE DES CONSTRUCTIONS.....	120
II-6- RECONVERSION FONCTIONNELLE DES IMMEUBLES: UNE DOMINANCE DE FONCTIONS LIBÉRALES, ET DE COMMERCES...	121

II-7- TRANSFORMATIONS DES CONSTRUCTIONS : UN NOUVEAU MODE D'OCCUPATION ET DE CONTENU SOCIAL.....	123
II-8- LE COMMERCE INFORMEL : UN SECTEUR DE TRANSFORMATION ET DE DÉGRADATION DU CADRE DE VIE.....	124
II-9- INTENSIFICATION DES POLLUTIONS ET NUISANCES DANS LA VIEILLE VILLE : CARENCE EN ASSAINISSEMENT ET TRANSFORMATION DES ESPACES PUBLICS EN EGOUTS ET POUBELLES.....	126
II-10- SATURATION DU RÉSEAU ROUTIER, ET CARENCE EN AIRE DE STATIONNEMENT : AUGMENTATION DE NUISANCES ET INTENSIFICATION DE LA POLLUTION.....	128
II-11- LES PROJETS D'INTERVENTIONS ET D'AMENAGEMENTS POUR SAUVER LA VIEILLE VILLE.....	128
Conclusion.....	132
CHAPITRE III : ÉTALEMENT DE CONSTANTINE: UNE CROISSANCE EN RUPTURE SUR UN SITE DIFFICILE.....	134
Introduction.....	134
III-1- CONSTANTINE A L'ÉPOQUE COLONIALE : DE LA MÉDINA A LA VILLE.....	135
III-2- CONSTANTINE APRÈS 1962 : CROISSANCE ET DYSFONCTIONNEMENT.....	138
III-3- L'EXTENSION DE CONSTANTINE DE 1962 A 1977: L'INDUSTRIE UN FACTEUR DE PROLIFÉRATION DE L'HABITAT PRÉCAIRE.....	138
III-4- LE DEVELOPPEMENT SPATIAL DE CONSTANTINE APRÈS LES ANNÉES 1980.....	140
III-4-1- Le groupement de Constantine.....	143
III-4-2- Le groupement de Constantine: une croissance en rupture sur des sites difficiles	146
III-5- LA VILLE NOUVELLE DE AIN EL BEY.....	148
III-5-1- Cadre physique de la ville nouvelle	149
III-6- DEGRADATION DES CONSTRUCTIONS DANS LA VILLE DE CONSTANTINE : NUISANCES ET POLLUTION	150
III-6-1- Un patrimoine qui se dégrade sous l'effet du climat et du laisser aller... ..	151
III-6-2- les glissements dans l'agglomération de Constantine : un impact sur l'environnement	153
III-6-3- Pollution esthétique et environnementale : une ampleur de quartiers informels tout autour de la ville	157
Conclusion.....	159
CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE.....	160
Référence	

TROISIÈME PARTIE	161
INTENSIFICATION DE LA POLLUTION ET DES NUISANCES A CONSTANTINE	
INTRODUCTION.....	161
CHAPITRE I: L'IMPORTANCE DE L'ASSAINISSEMENT EN MILIEU URBAIN.....	162
Introduction.....	162
I-1- QU'EST CE QUE L'ASSAINISSEMENT ?.....	163
I-1-1- But et objectif de l'assainissement des eaux usées.....	164
I-1-2- Ce que contiennent les eaux usées.....	165
I-1-3- Les eaux usées : un danger sanitaire.....	167
I-1-3-1 Les micro-organismes	167
I-1-3-1-1 Les virus	168
I-1-3-1-2- Les bactéries	168
I-1-3-2- Les éléments traces.....	169
I-1-3-3- Les matières en suspension (MES).....	170
I-1-3-3-1- Les métaux lourds.....	170
I-1-3-3-2- Les germes pathogènes contenus dans les boues.....	170
I-2- COMMENT SONT CLASSEES LES EAUX USEES?.....	171
I-2-1- Les rejets domestiques	171
I-2-2- Les rejets industriels	172
I-2-3- Les eaux de ruissellement	173
I-3- IMPORTANCE DES INFRASTRUCTURES D'ASSAINISSEMENT EN MILIEU URBAIN.....	174
I-4- SYSTEMES D'ÉVACUATION DES EAUX USÉES, ET DES EAUX PLUVIALES.....	174
I-4-1- Le système unitaire	175
I-4-2- Le système séparatif	176
I-4-3- Le système mixte	176
II-4-4- Les systèmes spéciaux	176
I-5- LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES.....	177
I-5-1 Réutilisation des eaux usées dans le monde : une pratique ancienne pour un usage agricole.....	178
I-5-2- Des eaux usées dans l'agriculture : une alternative a l'eau potable....	182
I-5-3- La réutilisation des eaux usées dans les chasses d'eau	182
I-5-4- Réglementation et norme.....	183
I-6- LES ÉTAPES ET PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES.....	184
I-6-1- Les prétraitements.....	184
II-6-1-1- Le dégrillage	184
I-6-1-2- Le dessablage	185

I-6-1-3- Le déshuilage	185
I-6-1-4- Le dégraissage.....	185
I-6-2- Les niveaux de traitement dans une station d'épuration.....	186
I-6-2-1- Les traitements primaires.....	186
I-6-2-2- Les traitements "secondaires", ou élimination biologique des matières polluantes.....	187
I-6-2-2-1- Les traitements biologiques.....	188
I-6-2-2-2- Les procédés biologiques extensifs.....	188
I-6-2-2-3- Les procédés biologiques intensifs.....	188
I-6-2-2-4- Les procédés membranaires	189
I-6-2-3- Les traitements tertiaires.....	189
I-7- LES TRAITEMENTS COMPLÉMENTAIRE: ÉLIMINATION DE L'AZOTE, DU PHOSPHORE, ET DÉSINFECTION.....	190
I-7- 1- Origine de l'azote , et du phosphore.....	190
I-7-2- Pourquoi faut-il éliminer l'azote dans les eaux résiduaires ?.....	191
I-7-2-1- L'élimination de l'azote.....	191
I-7-2-2- L'élimination du phosphore.....	192
I-7- 3- Proportions des composés azotés dans les eaux résiduaires.....	193
I-7-4- La désinfection	193
Conclusion.....	194
CHAPITRE II : L'ASSAINISSEMENT A CONSTANTINE : PROBLÈMES DE COLLECTE, D'ÉVACUATION, ET DE TRAITEMENT	196
Introduction.....	196
II-1- LES CARENCES EN ASSAINISSEMENT DANS LA VILLE DE CONSTANTINE : IMPACTS SUR L'HOMME ET SUR L'ENVIRONNEMENT	197
II-1-1- Des eaux usées et des eaux pluviales non canalisées, qui accélèrent la dégradation des constructions.....	197
II-1-2- Un réseau d'assainissement mal entretenu : une circulation anarchique des eaux qui menace l'homme et l'environnement	200
II-2- LE RHUMEL ET LE BOUMERZOUG : DEUX ÉGOUTS NATURELS QUI TRAVERSENT LA VILLE.....	201
II-3- LES DÉGRADATIONS QUE PROVOQUENT LES OUEDS EN CRUE ...	202
II-4- L'ÉGOUT : UNE INFRASTRUCTURE SOUTERRAINE QUI ASSURE UNE PROTECTION SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTALE.....	205
II-5- INSTALLATION D'UN NOUVEAU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT A CONSTANTINE : POUR QUI ? POURQUOI ?	207
II-6- INSTALLATION DES CANALISATIONS DU GRAND PROJET D'ASSAINISSEMENT DANS UN SITE CONTRAIGNANT.....	209
II-7- LES COLLECTEURS PRIMAIRES ET SECONDAIRES DU PROJET D'ASSAINISSEMENT DE CONSTANTINE.....	214

II-8- DES COLLECTEURS D'ASSAINISSEMENT QUI RELIENT TOUS LES QUARTIERS DE LA VILLE	216
II-8-1- Le collecteur A	216
II-8-2- Le collecteur B.....	216
II-8-3- Le collecteur D.....	216
II-8-4- Le collecteur E Nord.....	217
II-8-5- Le collecteur F	217
II-8-6- Le collecteur G.....	218
II-8-7- Le collecteur E SUD.....	219
II-9- LE Puits VORTEX : UN OUVrage D'ASSAINISSEMENT CLASSÉ PREMIER, PArMI LES SEPT AUTRES CONSTRITS DAns LE MONDE.....	220
II-10- LES MODIFICATIONS DU TRACÉ DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT DE CONSTANTINE.....	221
II-11- LA STATION D'ÉPURATION DE CONSTANTINE.....	221
II-11-1- Site et situation de la station d'épuration de Constantine.....	222
II-11-2- Une usine de dépollution des eaux usées : une rentabilité réduite.....	223
II-11-3- Comment fonctionne la station d'épuration.....	224
II-11-4- Opérations que subissent les eaux usées restituées dans la station d'épuration de Constantine.....	224
II-11-5- Le déficit en eaux restituées à la station d'épuration : conséquences et pollution.....	225
Conclusion.....	226
CHAPITRE III : DES DÉCHARGES FUMANTES QUI TRANSFORMENT LES MILIEUX NATURELS EN POUBELLES.....	
Introduction	228
III-1- LES DÉCHETS SOLIDES.....	229
III-1-1- Définition du déchet.....	229
III-1-1-1- les déchets biodégradables ou compostables.....	230
III-1-1-2- Les déchets recyclables.....	230
III-1-1-3- Les déchets ultimes.....	230
III-1-1-4- Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux.....	231
III-1-2- Comment se débarrasser des déchets?	231
III-1-3 - La valorisation des déchets.....	233
III-1-3 -1- Le compostage	234
III-1-3 -2- Le recyclage.....	236
III-1-3 -3- L'incinération	236
III-1-3 -3-1- L'incinération avec récupération d'énergie.....	237

III-1-3 -3-2- L'incinération sans récupération d'énergie.....	238
III-1-4 - Les composés toxiques des déchets.....	239
III-1-4 -1- Les métaux lourds.....	239
III-1-4 -1-1- Le cadmium.....	240
III-1-4- 1-2- Où on retrouve le cadmium ?.....	241
III-1-4-1-3- Le plomb.....	241
III-1-4-1-4- Le mercure	242
III-1-4-1-5- La toxicité du mercure.....	242
III-2- ALTÉRATION DE L'ENVIRONNEMENT PAR LES DÉCHARGES A CONSTANTINE	244
III-2-1- La décharge de Constantine.....	247
III-2-2- Les ordures ménagères.....	247
III-2-2-1- Composition des ordures ménagères.....	247
III-2-2-2- Les matières plastiques.....	248
III-2-2-3- Papier-carton, et emballage.....	249
III-2-2- Les déchets hospitaliers.....	250
III-2-3- Estimation quantitative des déchets inertes de construction.....	250
III-2-4- Estimation quantitative des déchets solides urbains collectés par le service de nettoieement communal	251
III-2-4-1- Collecte jour	251
III-2-5- Estimation quantitative des ordures ménagères collectées par l'entreprise E.P.C. P.T	252
III-2-6- Effets des polluants générés par les décharges	253
III-2-7- Traitement, recyclage et incinération	254
III-3- LA POLLUTION DE L'AIR PAR LES DÉCHARGES FUMANTES SITUÉES À L'ENTRÉE DES VILLES.....	254
III-4- LA POLLUTION VISUELLE ET OLFRACTIVE : UNE PROLIFERATION DE REJETS QUI POLLUENT L'ENVIRONNEMENT	256
Conclusion	260
CONCLUSION DE LA TROISIÈME PARTIE	261
Référence	
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	262
Bibliographie	269
Annexe.....	276

Liste des figures

N°1	Les différentes couches de l'atmosphère	22
N°2	Les gaz contribuant au renforcement de l'effet de serre en France	57
N°3	Les activités humaines participant aux émissions de gaz à effet en France	57
N°4	Réseau de routes qui traversent Constantine	95
N°5	Limites de communes de Constantine.....	95
N°6	Rose des vents	103
N°7	Vieille ville de Constantine	115
N°8	Évolution Historique de Constantine	137
N°9	Extension de Constantine le long des axes routiers.....	141
N°10	Le groupement de Constantine	146
N°11	Plan des collecteurs.....	219

Liste des tableaux

N°1	Composition atmosphérique de l'air sec (en proportion relative)	20
N°2	Liste abrégée de quelques espèces végétales sensibles au dioxyde de soufre et au fluore d'hydrogène.....	42
N°3	Évolution de la population entre 1977 / 1987.....	144
N°4	Ratio population /logement en 1987	144
N°5	Composition des ordures ménagères de la commune de Constantine	248
N°6	Estimation quantitative des déchets hospitaliers	250
N°7	Estimation quantitative des déchets ménagers collectés par le service de nettoyage communal.....	251
N°8	La collecte nuit par le service de la commune	252
N°9	Estimation quantitative des déchets collectés par l'entreprise E.P.C P.T	252
N°10	Quantité de déchets ménagers et assimilés réellement collectés -Année 2003- ..	253
N°11	Les décharges sauvages à Constantine	258

Liste des photos

N°	Intitulé	page
N°1	Une forêt dévastée par les pluies acides, en République tchèque	44
N°2	Le Marais ou zone inondée par des eaux stagnante.....	61
N°3	Plate forme glaciaire de l'Arctique brisée en deux	67
N°4	Faible épaisseur de la banquise vue par les chercheurs américains	67
N°5	L'étendue du Grinnel glacier en 1910	68
N°6	Rupture des masses de glaces en 1932	68
N°7	Disparition et réduction de l'étendu du glacier en 1988	68
N°8	Dislocation du glacier en 1998	68
N°9	Glacier de l'Alaska en 2001	69
N°10	Effet du dégel du permafrost sur les arbres.....	69
N°11	Effondrement de la construction sous l'effet du dégel.....	69
N°12	Tassement des fondations suivi d'un engoutissement du RDC	70
N°13	Les montagnes du Kilimandjaro en 1970	70
N°14	Le Kilimandjaro en 2000, les neiges se réduisent	71
N°15	Le Kilimandjaro en 2005, le vide.....	71
N°16	Le glacier du Groenland en 1992	72
N°17	Etonnante fonte des glaces au Groenland en 2000	72
N°18	Le Groenland en 2005	72
N°19	Les dommages dans l'installation de la plus grande plate forme pétrolière au monde.....	73
N°20	Maisons noyées au grenier après le passage de Katrina	74
N°21	Une installation pétrolière emportée par les vents.....	74
N°22	Un exode de population sous des pluies diluviennes	74
N°23	Le dessèchement du sol rend difficile toute forme de vie	75
N°24	Le bleu du plus grand lac au monde est éphémère	75
N°25	Lac du Tchad en 1963	75
N°26	Lac du Tchad en 1973	75
N°27	Lac du Tchad en 1987	75
N°28	Evaporation et sécheresse réduisent l'étendue du Lac du Tchad en 2001.....	75
N°29	Centrale nucléaire de Tchernobyl	76
N°30	Épave de l' Amoco Cadiz	76

N°31	Intensification du trafic sur un axe de Los Angeles.....	78
N°32	Le barrage de Beni Haroun.....	94
N°33	La vieille ville de Constantine	96
N°34	Le rocher de Constantine, site en rupture.....	97
N°35	Le pont de Sidi M'cid	98
N°36	Le pont de pierre de Sidi Rached.....	99
N°37	La passerelle PERREGAUX.....	99
N°38	Le pont du Diable	100
N°39	Le pont des chutes	100
N°40	le pont des chutes vu à partir du boulevard de l'Abîme	100
N°41	Le pont d'el Kantara.....	101
N°42	La retenue collinaire du 7 ^{ème} Kilomètres à Ain S'mara	102
N°43	Imposante masse de calcaire	104
N°44	Le Rocher : un site défensif.....	104
N°45	La vallée du Rhumel	105
N°46	La vallée du Boumerzoug	105
N°47	Site de collines en direction du Hamma	105
N°48	Le Rocher de Constantine	114
N°49	Maisons en ruines	117
N°50	Ruelle mal entretenue de la vieille ville	117
N°51	Des parkings à la place de ces constructions en abandon	118
N°52	Le refond d'une maison en ruine de la vieille ville de Constantine	118
N°53	La Médina en ruine	119
N°54	Les gorges du Rhumel : égout et poubelle	127
N°55	Parking surchargé dans la vieille ville (Charaa)	128
N°56	La place de la Pyramide.....	135
N°57	Les constructions de Bencherghi	138
N°58	La Cité Ben Tellis	138
N°59	Immeubles du CILOC de Constantine	140
N°60	La ville nouvelle.....	150
N°61	Les immeubles hauts de la ville nouvelle en Construction	150
N°62	Dégradation et glissement des constructions à Saint Jean	151
N°63	Mur de soutènement déraciné sous l'effet de la poussée des terres	152

N°64	Effondrement et déplacement d'une chaussée endommagée par le ruissellement des eaux	152
N°65	Mur de soutènement effondré en période hivernale	152
N°66	Dégradation et inclinaison d'un mur de soutènement	152
N°67	Instabilité et précarité des constructions de la cité el Manchar	153
N°68	Maison d'angle rasée, dans le quartier de Saint Jean	155
N°69	Construction enfoncée dans un bourbier	156
N°70	Construction dont les fondations se sont désolidarisées	156
N°71	Construction implantée dans un site non à urbaniser complètement enterrée	156
N°72	Maison et poteau inclinés sur une bordure de route	156
N°73	Construction endommagée.....	156
N°74	Talus consolidé par des plaques de béton complètement endommagé	156
N°75	Pollution visuel et environnemental à Bencherghi	157
N°76	Maison rurale à Arris bien enracinée dans son site	158
N°77	Le site de montagne d'Arris	158
N°78	Dégradation des constructions illicites de Bencherghi.....	198
N°79	Effondrement de la route de Massinissa.....	199
N°80	Rupture du sol sous une partie de la maison à Bencherghi	199
N°81	Eau stagnante et érosion du sol	199
N°82	Dégradation du sol et effondrement de route	199
N°83	Tassement des maisons de la cité el Bir	200
N°84	Rabaissement du niveau de la rue, et inclinaisons des maisons illicites à la cité el Bir	200
N°85	Égouts endommagés qui saillissent un patrimoine classé	201
N°86	Bidonville de Constantine	203
N°87	Destruction d'une habitation précaire	203
N°88	Le Rhumel en crue	205
N°89	Oued El Mallah après les pluies averses de janvier 2003	205
N°90	Oued Lekleb a sec transformé en poubelle	206
N°91	Habitations précaires de Oued el Had	206
N°92	Ben Haroun, un ouvrage d'envergure régional	208
N°93	Pose d'un collecteur avant de remettre le terrain en état	210
N°94	Enrobage d'un collecteur par du béton armé	210
N°95	Collecteur aérien sur le lit du Rhumel	211
N°96	Collecteur accroché au pied d'une falaise	211
N°97	Enrochement établi sur une partie de l'oued Rhumel	212
N°98	Collecteur endommagé, installé dans le lit de l'oued	213
N°99	Une conduite aérienne en béton armé	213
N°100	Ouverture d'une tranchée pour la pose des conduites	214
N°101	Imbrication de conduites souterraines	214
N°102	Le collecteur G et le pont d'Aumale	218
N°103	Le collecteur G qui longe la route de Mila	218
N°104	Le puits Vortex	220
N°105	Le site du puits Vortex	220

N°106	Site de la station d'épuration de Constantine	222
N°107	La façade arrière du Ciloc transformée en décharge	245
N°108	la façade sur boulevard du Ciloc : Une Image contrastée	245
N°109	La transformation du talus et bordure de route en décharge	245
N°110	La transformation des sites naturels en poubelle	245
N°111	Amas de plastique récupéré	248
N°112	Récupération de produits ferreux mis en tas sur des terres agricoles	249
N°113	Produits récupérés que la nature ne peut éliminer.	249
N°114	La décharge d'Ain S' mara	256
N°115	Rejets d'objets solides dans Oued Rhumel	257
N°116	Rue envahie par les rejets d'ordures	257
N°117	Carton d'emballage et sac en plastique laissés par les commerçants	259
N°118	Les rejets de commerçants dans un souk	259
N°119	La ferraille de Constantine	259
N°120	La vallée du Boumerzoug : un site à préserver	260

1. INTRODUCTION GÉNÉRALE

La pollution est ce phénomène que l'on associe à: nuisance, insalubrité, maladies, épidémies, agression de l'environnement, dégradation du cadre de vie, déséquilibre des écosystèmes, modifications des facteurs météorologiques, réchauffement de la planète, catastrophes écologiques, dérèglement du système climatique¹. La pollution que l'on définit aujourd'hui, comme étant le fait des concentrations humaines, et du développement économique (industrie, agriculture et transport), existait bien avant l'ère industrielle, du fait du déplacement des poussières, et du pollen par les vents et les orages, des émanations et des éruptions volcaniques.

Avec l'utilisation domestique du feu, est apparu la pollution due à la fumée, et aux gaz de combustion, qui a produit certaines perturbations, et même des intoxications. L'utilisation industrielle du feu à l'époque du fer et du bronzage, a ajouté aux impuretés de l'air produites par la combustion, celles provenant de la fusion, et du raffinage des métaux.

La révolution industrielle du 19^{ème} siècle a donné naissance à de plus graves problèmes de la pollution de l'air. A cette époque, est apparue la pollution provenant des produits évacués par l'industrie chimique, l'industrie thermoélectrique, et l'industrie du ciment. La première intoxication collective a eu lieu à Londres en 1873, pour cause d'accumulation de gaz de combustion, rendu possible suite à certaines conditions météorologiques défavorables (brouillard, temps calme, et inversion thermique). La pollution de l'air a provoqué alors, des intoxications en masse dans les populations de la Vallée de la Meuse près de Liège (Belgique) en décembre 1930, où il s'est produit environ 1000 cas d'intoxications, dont 60 mortels. A Londres (G.B), entre le 5 et le 9 décembre 1952, et dans les mêmes conditions météorologiques à l'exemple de la vallée de la Meuse, un brouillard de fumée dont la concentration en SO₂ est très élevée (3,75 mg de SO₂/m³ d'air), a provoqué la mort d'au moins 4000 personnes. (MATEI.B et PASCU.U, 1974) [1]

Alors que le secteur de l'industrie, et de l'agriculture connaissent un essor considérable, l'extension géographique de la pollution dans le monde, a pris des

¹ Les savants du monde entier s'accordent à dire qu'il reste à peine quelques dizaines d'années pour éviter une catastrophe mondiale due au dérèglement du système climatique qui entraîne des perturbations météorologiques extrêmes, des inondations, de longues périodes de sécheresse, des vagues de chaleur meurtrières.

proportions alarmantes, et parfois dramatiques, envahissant en tout lieu, tous les milieux. Depuis le début de la seconde moitié du 20^{ème} siècle, le développement industriel, et l'urbanisation, ont intensifié encore plus le phénomène de la pollution de l'air, de l'eau, et du sol, et bouleversé les rapports de l'homme à son environnement.

Les rejets de gaz à effet de serre, l'altération de la couche d'ozone, la dégradation de la qualité de l'eau, l'érosion des sols, l'augmentation du phénomène de la désertification, et de la déforestation, sont les conséquences de l'intensification de la pollution à l'échelle mondiale.

La disparition des espèces vivantes (plantes et animaux), l'accumulation des déchets, la production croissante de rejets polluants, etc., sont autant de problèmes, et autant de préoccupations qui inquiètent alors la communauté internationale du devenir de la planète terre.

A l'échelle internationale, le monde aujourd'hui est préoccupé par ce phénomène de dimension planétaire, pour qui des têtes chercheuses ont tiré le signal d'alarme sur:

- la diminution inquiétante de la quantité d'ozone au-dessus de l'Antarctique détectée dans les années 1980²,
- l'effet de serre qui est un phénomène naturel, mais qui aujourd'hui est perturbé par les activités humaines qui rejettent de nombreux gaz dans l'atmosphère,
- et enfin, sur les risques du réchauffement de la planète, un des risques les plus graves pesant sur l'humanité.

La prise de conscience récente des dangers que présente la pollution a changé l'échelle de la politique de l'environnement, de la dimension locale à une dimension planétaire, qui requiert de ce fait, une demande de plus en plus importante de données scientifiques, et de développement technologique.

Plusieurs conférences et protocoles, sur l'environnement ont eu lieu dans le monde, pour sensibiliser l'opinion internationale, sur les problèmes de l'environnement qui menacent notre planète, et plusieurs conventions ont été signées depuis 1946.

- **le 16 juin 1972**, premier sommet de la Terre, à Stockholm. À la suite de la conférence tenue à Stockholm en 1972 par l'O.N.U, une nouvelle organisation

² En 1985, en Antarctique, on observa pour la première fois que la quantité d'ozone surplombant ce continent avait notablement diminué. Le trou de la couche d'ozone se creuse d'un printemps austral à l'autre. Environ 70% de quantité d'ozone antarctique (soit près de 3% de la quantité totale de l'atmosphère terrestre). (JEAN-YVES.D, 1999) [2]

spécialisée a été créée³ : le Programme des Nations Unies pour l'Environnement dont le siège est à Nairobi (Kenya).

Ce sommet de la Terre expose notamment le développement des pays du Sud et du Nord, l'écodéveloppement, les interactions entre écologie et économie. La Communauté européenne poursuit depuis 1970⁴, une ambitieuse politique de lutte contre les pollutions.

- **du 3 au 14 juin 1992.** Vingt ans après la conférence de Stockholm, le sommet de la planète Terre a réuni en juin 1992, cent dix chefs d'État et de gouvernement, pour une conférence des nations unies sur l'environnement, et le développement (CNUED) à Rio de Janeiro ⁵. Cette conférence, qui aura marqué une prise de conscience des liens entre environnement et développement, avait été précédée et préparée par une commission internationale présidée par une éminente femme d'État norvégienne, Gro Bruntland, qui a imposé la notion de développement durable (en anglais, sustainable growth).

La Conférence de Rio (deuxième sommet de la Terre), a vu l'adoption de la convention sur le climat, qui affirme la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre, et qui a aboutit à la signature en 1997 du protocole de Kyoto. Deux conventions importantes ont été signées. L'une a pour objet de lutter contre l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre en vue de faire face au danger du changement climatique. L'autre a pour objet la sauvegarde de la biodiversité, c'est-à-dire celle des nombreuses espèces végétales ou animales menacées de disparition par suite des atteintes au milieu naturel. La Conférence de Rio a notamment été l'occasion d'adopter un programme d'action pour le 21^{ème} siècle, appelé Action 21 (Agenda 21 en anglais), qui énumère quelques 2500 recommandations concernant la mise en œuvre concrète des principes de la déclaration. Dès 1988 avait été conclue, à Montréal, une convention ayant pour objet

³ Le PNUE est un organe spécialisé des nations unies, qui traduit la profonde inquiétude de la communauté internationale du devenir de la planète Terre, et met l'accent sur la nécessité de sauver toutes les espèces et tous les écosystèmes pour maintenir la vie sur terre.

⁴ Le président des États Unis (R NIXON) dans son discours du 22 janvier 1970 attire l'attention des gouvernements sur l'urgente réglementation antipollution à l'échelle planétaire, et note : "C'est un prix élevé que va nous coûter la lutte contre la pollution. Au cours des années passées de négligence, nous avons contracté une dette contre la nature et maintenant il va falloir que nous la payions".

⁵ Pour assurer un développement durable, et mettre en œuvre une technologie propre qui protège la couche d'ozone l'Algérie, en ratifiant le 20 octobre 1992, la convention pour la protection de la couche d'ozone a bénéficié depuis le sommet de Rio auquel elle a pleinement contribué en particulier dans sa phase préparatoire, de 21 projets d'investissement concernant des unités industrielles publiques et privées, pour la reconversion de leur process technologique. (Algérie Environnement n°2, 1999) [3]

de protéger la couche d'ozone de la haute atmosphère contre les chlorofluorocarbures (CFC), qui sont aussi des gaz à effet de serre. De même, une conférence avait été réunie à La Haye à l'initiative de la France, des Pays-Bas et de la Norvège afin de promouvoir l'idée de mesures supranationales en vue de la protection des climats, et de la haute atmosphère.

- **du 28.03 au 04.04.1995**, conférence de Berlin dont le programme prévoit : la lutte contre l'effet de serre, statut sur les changements climatiques, et les réductions d'émissions de gaz à effet de serre.

La conférence de Berlin pose les problèmes des villes qui s'accroissent toujours davantage, des grandes métropoles qui consomment beaucoup d'eau, d'énergie, de denrées alimentaires, et qui rejettent des milliers de tonnes d'eaux usées, d'ordures, et de produits toxiques, puis enfin des mégalo-poles qui aujourd'hui sont une véritable menace pour leur environnement: le cas du Caire, et de Mexico.

- **du 1^{er} au 10.12.1997**, le protocole de Kyoto⁶, a pour objectif de contraindre les pays industrialisés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre (GES). L'accord prévoit pour la période 2008-2012, que les émissions de gaz à effet de serre régressent de 5,2% par rapport à l'an 1990,

- Conférences de Buenos Aires pour les mises en œuvre des décisions de 1997

- **du 26 août au 04 septembre 2002**, Sommet de Johannesburg, où plus de cent chefs d'Etat, plusieurs dizaines de milliers de représentants gouvernementaux et d'ONG ratifient un traité prenant position sur la conservation des ressources naturelles, et de la biodiversité.

- Conférence de Montréal en 2005, (la onzième conférence des nations unies sur le changement climatique), non signé par les U.S.A.

- **du 3 au 14 décembre 2007**, la conférence de Bali, qui doit se pencher sur de nouvelles réductions des émissions de gaz à effet de serre au-delà de 2012, après l'expiration de la première phase du protocole de Kyoto.

De nombreuses organisations internationales concourent à la lutte contre la pollution, et en faveur de l'environnement. On peut citer l'organisation maritime internationale (pollution des océans encore mal contrôlée), l'U.N.E.S.C.O. le M.A.B. (Man and Biosphère), principalement orienté sur la gestion des ressources naturelles des pays du Tiers Monde, la F.A.O (organisation pour l'alimentation et

⁶ Le protocole de Kyoto est rentré en vigueur le 16 février 2005

l'agriculture), l'O.M.M (organisation météorologique mondiale) qui concourt aux recherches sur le climat, ainsi que de nombreuses organisations ou associations scientifiques internationales. La nouvelle Organisation mondiale du commerce substituée au G.A.T.T, à la suite de l'accord du 15 décembre 1993 confirmé en avril 1994 à Marrakech, devra prendre en considération la protection de l'environnement dans la réglementation des échanges.

L'O.C.D.E⁷. (Organisme de coopération et de développement économique), qui groupe les pays industrialisés occidentaux, le Mexique et le Japon, produit des études sur les rapports entre les politiques économiques et fiscales, et la protection de l'environnement. Cet organisme a fait adopter le principe pollueur-payeur dès 1972. Depuis 1989, l'O.C.D.E. met en place, à la demande du groupe des sept pays les plus industrialisés (G7), un ensemble d'indicateurs de l'environnement.

2. PROBLÉMATIQUE

En Algérie, le problème de la pollution, et des nuisances environnementales s'est posé, dès le début des années 1970 avec le démarrage des grandes unités industrielles situées dans le nord du pays, et davantage sur la bande côtière, où il y a une très forte industrialisation des villes du littoral.

L'installation de ces importantes unités industrielles, ont fait perdre à l'agriculture des milliers d'hectares de terres agricoles souvent irriguées, et augmenté la taille des villes qui s'accroissent toujours davantage sur des terres agricoles, se débarrassant dans la nature des rejets, et déchets que celle-ci ne peut éliminer.

Depuis la seconde décennie de l'indépendance, on assiste à l'installation d'un tissu industriel dans toutes les villes algériennes, qui s'accroissent, et qui polluent la nature, et l'environnement.

L'urbanisme de zonage des années 1980, et l'implantation d'unités industrielles (de textile, métallurgie, briqueterie, hydrocarbure, sidérurgie, mécanique, produits d'engrais phosphatés, cimenteries, ...), ont affecté de façon néfaste le milieu naturel, en polluant l'air que nous respirons, en transformant en égout naturel les oueds qui assuraient autrefois l'irrigation des terres agricoles, et cultures maraîchères, en bouleversant l'environnement urbain des grandes villes algériennes, et en accélérant

⁷ L'O.C.D.E fût fondé en 1968. Cette organisation avait pour objectif de se constituer en une espèce d'assemblée d'experts et de spécialistes qui s'efforceraient d'aboutir à une connaissance réelle des problèmes économique et de l'environnement, de trouver des solutions à ceci et de les diffuser.

l'urbanisation des villes et villages d'origine coloniale qui s'accroissent par un apport de population d'origine externe : report de population et exode rural.

Créés dans le souci de répondre aux besoins du pays, et à son développement, le tissu industriel de l'Algérie, a contribué pour une part importante à l'intensification de la pollution de l'atmosphère, la pollution des sols, et de l'eau. Ainsi l'importance accordée par l'état au secteur de l'économie, n'est pas suivie par les exigences en matière d'hygiène, et de protection environnementale.

Aujourd'hui, on assiste chaque jour, au rejet de milliers de tonnes de déchets par les ménages, sous forme d'emballage divers (carton, plastiques, verres, etc.), d'objets encombrants, et de produits que la nature ne peut éliminer.

Le développement industriel, et le changement du mode de vie, et de consommation des populations algériennes, se sont répercutés de façon très alarmante sur l'environnement, en produisant plus de déchets toxiques, et de déchets solides, nuisibles au milieu naturel.

Le phénomène de la dégradation du cadre de vie, et d'agression de l'environnement, se sont amplifiés depuis au moins deux décennies dans toutes les villes algériennes, suite à l'installation des unités industrielles polluantes, et à la concentration des populations installées dans ces nouvelles urbanisations établies sous forme de zone d'habitation urbaine nouvelle ou ZHUN, de lotissements, et d'habitations illicites et précaires.

Ainsi, sur le plan environnemental, l'urbanisation et l'industrialisation sont tenues pour responsables:

- de la consommation de plus en plus grande de terres agricoles et de l'eau, deux ressources naturelles qui sont la base fondamentale de tout développement durable,
- de la pollution des oueds qui ont toujours servis comme réceptacle naturel des eaux polluées restituées par la ville,
- de la destruction de l'environnement, et du cadre de vie des populations urbaines,
- et enfin du bouleversement urbanistique qui s'est produit, suite à un phénomène d'exode massif, qui a imposé sur tous les sites difficiles, la construction d'une forme d'habitat rural, qui présente toutes les caractéristiques de la vie à la campagne. C'est le cas notamment de la ville de Constantine, qui s'est développée de façon discontinue, morcelée, et étalée.

Constantine est la ville qui subit les effets de son développement rapide et incontrôlé. L'installation d'importantes unités industrielles et l'urbanisation, ont intensifié dans cette ville métropole le phénomène de la pollution, et de la dégradation du cadre de vie. Le paysage de cette métropole régionale change sous l'effet de la poussée démographique toujours en progression vertigineuse. Déforestation⁸, urbanisation des terres agricoles, prolifération de l'habitat illicite, bidonvilles, lotissements informels, glissement et dégradation des constructions, font de Constantine, une ville qui s'étale démesurément.

Les meilleures terres agricoles occupées autrefois de maraîchères sont dévastées, les nombreux sites forestiers source d'oxygénation, et éléments importants dans la purification de l'air, et dans la régularisation des régimes des eaux, et de sa régénération naturelle sont ravagés. Les espaces verts (jardins et squares) qui introduisent des coupures entre des tissus urbains, et qui jouent un rôle essentiel d'aérateur, et de purificateur de l'atmosphère sont à l'état d'abandon.

La prolifération des décharges sur des sites naturels, la dégénérescence du patrimoine historique de la vieille ville, et la multiplication des habitations précaires, sont autant de désordres qui caractérisent l'urbanisation anarchique de Constantine. La dégradation de l'espace naturel, annonce déjà les premiers cris d'alarmes sur l'aggravation des conditions urbaines, et sur les difficultés à maîtriser la croissance de cette grande ville qui déverse le surplus de sa population sur ses satellites, et sur la ville nouvelle d'Ain el Bey en construction.

Les rejets liquides, et déchets dans la nature se font de plus en plus importants, et la prolifération des habitations illicites ne fait qu'aggraver encore plus, la pollution qui dénature les paysages de cette ville historique, qui s'est largement dégradée.

Aujourd'hui, la ville de Constantine est confrontée aux problèmes de la dégradation des constructions exposées aux effets de glissement, au dysfonctionnement des quartiers en rupture, à l'ampleur alarmante d'unités d'habitations informelles éparpillés dans toute la ville, à l'extension par rajouts successifs de plusieurs unités

⁸ Le problème de la désertification et de la déforestation est un problème national, régional et mondial. En Algérie, le désert avance vers le nord, et touche un certain nombre de terres arables qu'il s'agit de préserver au même titre que les ressources forestières qui sont extrêmement importantes, non seulement pour lutter contre l'érosion des terres, mais cela constitue des puits de carbone dans la limite où cela permet d'adsorber tout ce qui est pollution, concourant au changements climatiques dont nous ressentons les effets aujourd'hui. Voir annexe Echirk Djamel "Quel rôle peut jouer l'actuelle conférence dans la lutte contre la désertification".

d'habitation sous forme de Z.H.U.N (zones d'habitation urbaines nouvelles), occupant les terrains à forte potentialité agricole.

Constantine, a depuis les deux dernières décennies, connu une dégradation des écosystèmes, une altération de l'environnement, une dégradation de la nature.

Les nuisances affectant l'environnement urbain de cette ville métropole sont variées, et se traduisent par, une diminution de la qualité de vie, et souvent par une atteinte à la santé des populations fragilisées par l'inhalation de nombreux agents polluants. Les rejets que dégagent les échappements des véhicules, la combustion des déchets domestiques à l'air libre, les gaz et poussières que produisent les industries, intensifient de plus en plus la pollution de l'air que nous respirons.

Pour notre thème d'étude qui traite de la pollution, et des nuisances qui portent atteinte à la qualité de la vie, et à la santé des populations, notre préoccupation a été attirée par:

- la multiplicité des rejets d'eaux usées restitués par la ville qui polluent l'environnement urbain, qui accélèrent la dégradation des constructions, et qui transforment les oueds en égouts naturels qui traversent la ville,
- la prolifération des décharges fumantes situées à l'entrée des villes, qui dégagent des odeurs putrides,
- l'abondance des rejets solides qui transforment la nature en poubelle,
- l'intensification de la pollution visuelle et olfactive, de tous ces quartiers informels qui ceinturent la ville

Attentif aux problèmes engendrés par l'urbanisation anarchique, et particulièrement à l'intensification de la pollution, sensible à la dégradation⁹ des constructions fragilisées par les infiltrations des eaux qui endommagent la stabilité des fondations, et soucieux du devenir de cette ville métropole qui s'accroît dans le désordre, notre sujet de recherche traite de la pollution, et des nuisances à Constantine. C'est pour nous (architecte, géographe ou urbaniste) une occasion, pour montrer que la prise en charge de la dimension environnementale dans les études, et la conception des plans des villes, est importante.

Le souci de traiter des problèmes de la pollution, et des nuisances à Constantine, où l'accroissement de la population, et de l'urbanisation ont bouleversé l'équilibre entre

⁹ La dégradation des constructions, est aujourd'hui un des problèmes majeurs qui participent activement à la destruction de la nature et du cadre de vie, à l'effondrement d'un patrimoine historique, et à la dégradation de l'hygiène environnementale.

l'homme et son environnement, nous a conduit à identifier les différents éléments constitutifs de ce phénomène qui dénature les paysages de cette ville historique qui s'est largement dégradée, et qui porte atteinte à la santé de l'homme et à la dégradation du cadre de vie.

Ce travail de recherche qui essaye de montrer le caractère de plus en plus inquiétant de la dégradation environnementale, et de l'intensification de la pollution, nous a conduit à formuler trois hypothèses.

- **Notre première hypothèse** suppose que si l'on continu à négliger pour longtemps, le lien qui doit exister entre environnement et développement, les risques de la pollution en tant que fléau planétaire seront une menace pour toute l'humanité.

- **Notre seconde hypothèse** présume que l'urbanisation et l'industrialisation intensifient la pollution, et dégradent la nature et l'environnement. Construite sur la base des dispositions prises dans le cadre de la protection environnementale¹⁰ à l'échelle nationale, notre seconde hypothèse essaye de montrer comment les instruments d'urbanisme, P.U.D, P.D.A.U et P.O.S, ont contribué à l'urbanisation de Constantine, et à son développement sans souci d'intégrer la dimension environnementale.

- **notre troisième hypothèse** consiste à vérifier que l'abondance des rejets liquides dans la nature, et la multiplication de décharges qui regorgent de produits que la nature ne peut éliminer, aggravent le phénomène de la pollution à Constantine.

3. MÉTHODOLOGIE

Au plan de la méthodologie, et de la structure de cette thèse, qui traite de la pollution, et des nuisances environnementales dans cette ville métropole, les visites sur sites, et la documentation, nous ont permis d'être plus sensible aux problèmes générés par l'urbanisation, et l'industrialisation qui ont radicalement transformé le paysage urbain de Constantine par le volume des constructions, et intensifié la pollution.

¹⁰ L'Algérie signataire de nombreuses conventions internationales, a dès le début des années 1980 mis en place un dispositif législatif national auquel sont soumises les entreprises des différents secteurs d'activités. Nous citerons à titre d'exemple, la loi n°83.03 du 05.02.1983 relative à la protection de l'environnement, les décrets exécutifs du 10.07.83, et 28.07.1993- 160, réglementant les rejets d'effluents liquides industriels, et 93.165 réglementant les émissions atmosphériques, de fumées, de gaz, de poussières, odeurs et particules solides des installations fixes.

Sur le plan urbanistique, les visites sur sites, et la lecture des ouvrages, de thèses, et d'articles, nous ont permis de nous rendre compte des difficultés du site qui ont fait de Constantine une ville fragmentée:

- qui s'accroît dans le désordre,
- qui s'étale démesurément,
- qui s'éclate dans son site de manière anarchique,
- qui trouve d'énormes difficultés à maîtriser sa croissance,
- qui déverse le surplus de sa population sur ses satellites, et sur la ville

nouvelle d'Ain El Bey en construction.

La prise en compte du phénomène écologique en tant qu'objet d'étude, et sujet de préoccupation, a exigé de nous des visites sur site pour l'établissement d'un constat sur la multiplicité des rejets d'eaux usées, prolifération des décharges fumantes, abondance des rejets solides, intensification de la pollution visuelle et olfactive. Les visites sur plusieurs sites de la ville de Constantine nous ont permis de recenser plusieurs rejets d'eaux usées qui ruissellent, et s'infiltrent, mais aussi qui contaminent les sources, les eaux souterraines, et les nappes phréatiques. Ces eaux nuisibles, non canalisées provoquent fréquemment des dégradations dans les constructions, et des glissements. La stabilité des ouvrages de génie civil (routes, ponts, et murs de soutènement) n'est plus assurée.

Les glissements de terrain, les coulées de boues, les effondrements des constructions, les dommages occasionnés aux murs de soutènement, aux ponts, aux routes, et aux ouvrages d'assainissement, ont fait l'objet de plusieurs visites sur site, pour mesurer l'ampleur du phénomène dans la ville de Constantine, et proposer sur la base de cas, des éléments de réponse capable d'atténuer l'intensification du phénomène.

A la station d'épuration de Constantine, nous avons été encore plus sensibilisés sur les déperditions des eaux usées restituées par la ville. Les carences dans les collecteurs d'assainissement, l'absence d'entretien, et la vétusté du réseau, sont autant de désordres qui augmentent le déficit en eau restituée par ces entités urbaines qui déversent les eaux souillées dans la nature et dans les oueds qui traversent la ville.

Le souci d'évaluer pour le cas de la ville de Constantine, les dégradations environnementales, engendré par les eaux de ruissellements et les eaux usées non canalisées, nous a conduit à étudier le réseau d'assainissement de Constantine, de

localiser les rejets qui ne sont pas raccordés aux collecteurs de la ville, et de recenser pendant les périodes de crue et des averses, les zones les plus menacées, par les effets de ruissellements, et par la montée des eaux des oueds, qui traversent l'agglomération de Constantine.

Le souci d'étudier les problèmes écologiques dans cette grande ville de l'Est algérien a exigé de nous, l'établissement de constats sur l'état d'abandon de nos décharges municipales, et de nos décharges sauvages qui regorgent de produits qui brûlent, qui s'accumulent, et qui entraînent la pollution de l'air, des sols et de l'eau. La situation de laisser aller, et de négligence vis-à-vis des personnes qui transforment les berges des oueds, les terrasses d'alluvions, et les espaces boisés en décharges où s'accumulent tous les objets encombrants, sals et polluants, nous a sensibilisé sur la dégradation de la nature par les déchets et les rejets, qui sont un des problèmes écologiques majeurs qui nous préoccupent et nous dérangent.

Les risques auxquels sont exposées les populations qui respirent les gaz et les fumées, dégagés par l'incinération d'une multitude de produits toxiques, nous a sensibilisé sur l'importance qu'il faut accorder à la gestion des déchets qui polluent l'environnement, contaminent les nappes et les sources, par les infiltrations et le ruissellement des matières toxiques drainées par les eaux de pluies qui se déversent dans les oueds. A ce titre, notre travail apporte un éclairage sur les problèmes des rejets solides (nettoyage, ramassage, transport et mise en décharge), et explique quelles sont les tentatives entreprises à ce jour dans le cadre de l'hygiène du milieu urbain, et comment agissent les services d'hygiène de la ville de Constantine pour atténuer de l'ampleur de ce phénomène qui constitue un problème majeur de santé publique, et d'écologie. Selon les expériences des pays étrangers qui ont développé des techniques de gestion des déchets, notre travail suggère quelques recommandations qui peuvent être adaptées pour le cas de Constantine.

Les rejets dans l'atmosphère, de milliers de tonnes de poussières, générées par les échappements des véhicules à essence et diesel, par les cheminées des unités industrielles polluantes: le cas de la cimenterie du Hamma Bouziane qui a ravagé les vergers qui alimentaient autrefois toute la ville de Constantine en légumes et fruits, ou des unités industrielles Palma, qui polluent les eaux du Rhumel, et qui affectent la qualité de l'air aux alentours de ces entités urbaines illicites qui se sont installées depuis quelques décennies, ne sont pas sans gravité sur l'homme et

l'environnement. Dans ce contexte, notre travail établit un bilan sur les dégradations causées à l'homme, et à l'environnement.

Les consultations auprès des services concernés par la lutte contre la pollution, et la préservation de la nature, nous ont aidé à l'établissement d'un bilan, faisant état de l'ampleur des problèmes de la pollution des eaux, de l'air et du sol.

Sur le plan théorique, notre travail apporte des connaissances sur les phénomènes de la pollution à l'échelle de la planète.

Au plan de la rédaction, cette thèse, est structurée en trois parties.

La première partie théorique, traite des causes et des effets de la pollution à l'échelle de la planète. La prise en compte des problèmes de la pollution à l'échelle mondiale est présentée sur la base de lecture d'ouvrages, film, et autres documents que nous avons recherché auprès des bibliothèques des universités en Algérie et à l'étranger, et sur internet.

Le chapitre I intitulé : "LA POLLUTION DE LA PLANETE OU FLEAU DES TEMPS MODERNES", apporte des connaissances sur le thème de la pollution, et sur les effets et impacts de ce phénomène. Ce chapitre met l'accent sur les problèmes de la pollution atmosphérique en tant que milieu fragile qui compromet la survie de nombreux écosystèmes.

Le chapitre II intitulé : "MODIFICATIONS CLIMATIQUES ET POLLUTION", explique combien la responsabilité des polluants est importante dans les changements climatiques, météorologiques, et dans les turbulences atmosphériques. Ce chapitre apporte par ailleurs plus de connaissances sur les principaux polluants responsables de l'effet de serre, et sur les contaminants industriels de haute toxicité mis en cause dans le bouleversement du milieu terrestre, où tous les êtres vivants sont menacés.

La deuxième partie de notre travail traite de la ville de Constantine en tant que métropole régionale qui se développe et se dégrade. Etablie en trois chapitres, la deuxième partie de notre thèse, explique comment l'urbanisation, et l'industrialisation ont intensifié la pollution et les nuisances dans cette ville de plus d'un demi-million d'habitants.

C'est à travers l'étude de la croissance, et du développement de la ville de Constantine, que nous avons essayé de montrer comment la ville s'est développée sans préoccupation de la dimension environnementale. Croissance anarchique, et

intensification de la pollution, caractérisent l'état des lieux de cette métropole qui s'accroît dans le désordre.

Le chapitre I de cette deuxième partie intitulé : " DONNEES GÉNÉRALES SUR CONSTANTINE", essaye de montrer le caractère exceptionnel du site difficile sur lequel est établie la ville de Constantine.

Le chapitre II intitulé : " LA VIEILLE VILLE DE CONSTANTINE : UN LOURD HERITAGE DU PASSÉ" apporte un éclairage sur ce tissu ancien mal entretenu, laissé à l'état d'abandon, et qui se dégrade de plus en plus. Objet d'étude par des universitaires, et sujet de débat depuis de longue date, ce tissu ancien est présenté dans ce travail comme une entité urbaine qui est menacée par un ensemble de problèmes qu'on y retrouve dans l'ensemble des quartiers qui structurent la ville de Constantine: dégradation des constructions, glissement, carence en eau potable et assainissement, transformation des milieux naturels en égouts et décharges, tassement de population, pollution, etc.

Le chapitre III intitulé : "ÉTALEMENT DE CONSTANTINE: UNE CROISSANCE EN RUPTURE SUR UN SITE DIFFICILE", illustre parfaitement la situation d'une ville métropole qui éclate dans son site, et qui s'étale démesurément dans toutes les directions. La mauvaise gestion du secteur du foncier, et l'attrance des ruraux vers la ville, ont conduit à la construction d'une ville fragmentée, dont le fonctionnement est bouleversé. La politique adoptée par les différents instruments d'urbanisme établis sous forme de PUD, PDAU et POS, n'a pu infléchir la croissance anarchique de la ville. Bien au contraire, le résultat a été à la fois désordre, et anarchie, extension et dysfonctionnement, tassement et dégradation. PUD, PDAU et POS sont dépassés avant même leur mise en application. Cette situation qui a pris de cours les responsables et les techniciens, a fait de Constantine, une ville qui s'accroît en dehors de ses limites d'urbanisation, et qui reporte le surplus de sa population sur les villes satellites et sur la ville nouvelle.

La troisième partie de notre travail intitulée: "INTENSIFICATION DE LA POLLUTION ET DES NUISANCES A CONSTANTINE», apporte un éclairage sur les problèmes de l'assainissement et des décharges, et montre l'intérêt que l'on doit porter à l'hygiène environnementale afin :

- d'atténuer de la gravité des rejets qui polluent la nature, et l'environnement urbain,
- de ne plus négliger les problèmes posés par les eaux de ruissellement, et les eaux usées non raccordées aux réseaux d'assainissement de la ville,

- de mettre fin aux problèmes des décharges qui intensifient les nuisances,
- que des solutions soient trouvées pour atténuer les effets de la pollution visuelle et olfactive, générées par l'incinération des décharges, et par la multiplicité des rejets,
- de ne pas exposer encore pour longtemps la vie des citoyens à des risques qui menacent la stabilité de leurs constructions (glissement, effondrement, etc.)
- que la nature, remplace les taudis, et les habitations précaires.

Le chapitre 1 de notre troisième partie intitulé : "IMPORTANCE DE L'ASSAINISSEMENT EN MILIEU URBAIN" apporte des connaissances :

- sur les rôles multiples des infrastructures d'assainissement (collecte, transport, évacuation, protection contre les inondations,...),
- sur les systèmes d'évacuation des eaux usées et pluviales,
- sur les procédés de traitement des eaux usées, et des pratiques de leur réutilisation à des fins agricoles.

Le chapitre 2 intitulé : "L'ASSAINISSEMENT A CONSTANTINE : PROBLÈMES DE COLLECTE, D'ÉVACUATION, ET DE TRAITEMENT" présente sous forme de constat les carences en assainissement à Constantine, et décrit comment s'est effectué dans un site difficile, l'installation d'un nouveau réseau d'assainissement à Constantine à partir 1990, et pourquoi un projet d'une telle envergure. Le travail de terrain montre à partir de photos, que les carences en assainissement ont amplifié les problèmes d'insalubrité, et de glissement de terrain.

Le chapitre 3 intitulé : "DES DÉCHARGES FUMANTES QUI TRANSFORMENT LES MILIEUX NATURELS EN POUBELLES " décrit la situation alarmante des décharges qui brûlent à ciel ouvert, et qui génèrent une diversité de nuisances et de pollution. Le rejet des déchets solides sur des sites qui ne préservent pas la nature et la qualité du cadre de vie pose de sérieux problèmes. La recherche de site pour l'enfouissement des ordures ménagères devient alors une urgence, si l'on veut éviter d'aggraver encore plus les maladies respiratoires dans toutes ces petites villes qui entourent Constantine.

PREMIÈRE PARTIE
LA POLLUTION DE LA PLANÈTE OU FLÉAU
DES TEMPS MODERNES

PREMIÈRE PARTIE

LA POLLUTION DE LA PLANÈTE OU FLÉAU DES TEMPS MODERNES

"La planète telle que nous la connaissons est en danger. En continuant sur ce rythme, sans plus se soucier de l'avenir, l'Homme risque de laisser aux générations suivantes une Terre différente et nombre de problèmes à régler. Pour y remédier, les gouvernements doivent réagir, faire des choix qui pèseront sur tous les citoyens, mais la survie de la Terre est à ce prix et maintenant nous le savons"
(Encarta, 2005)

INTRODUCTION

Le développement économique dans le monde a permis l'amélioration des conditions de vie, et de progrès dans différents domaines. On citera à titre d'exemple: le développement du secteur du transport, la satisfaction des besoins fondamentaux (alimentation, santé, éducation, télécommunication, etc.), la baisse de la mortalité due à l'amélioration des conditions de vie et des progrès médicaux. Toutes ces évolutions bénéfiques à l'homme n'ont malheureusement pas été sans gravité sur les milieux naturels. Les structures économiques et sociales sont bouleversées, et l'équilibre de l'homme à son environnement est rompu par l'explosion démographique et l'urbanisation. La terre est mal habitée, et les problèmes écologiques (inondations, tempêtes, séismes, sécheresses, ...), menacent de disparition de nombreux êtres vivants : homme, plantes, et animaux. La pollution dégrade le milieu naturel, et provoque des perturbations écologiques d'ampleur catastrophique. Depuis la fin des années 1960, tous les États industriels ont élaboré progressivement une politique de protection de l'environnement et de lutte contre la pollution, qui s'est traduite d'abord par l'adoption de réglementations nouvelles, et par la mise en place de nouveaux services administratifs.

La pollution de l'atmosphère dans les zones industrielles et urbaines, le dépérissement des forêts principalement en Europe centrale, la destruction des forêts tropicales amazoniennes accélérée par les incendies qui ont augmenté la teneur de l'atmosphère en gaz carbonique à effet de serre, la disparition de nombreuses espèces de la faune sauvage en Afrique, la répétition de catastrophes écologiques, et la prise de conscience des menaces pesant au niveau planétaire sur les climats (effet de serre, atteintes à la couche d'ozone de la haute atmosphère, disparition des neiges éternelles du Kilimandjaro, dégel du permafrost, recul des

surfaces des glaciers, ...), ont mis la protection de l'environnement au premier rang des préoccupations dans les pays industrialisés, puis dans les pays en développement. La Charte de la Terre à Rio pose en 27 principes¹¹, les objectifs et les grandes lignes de ce que devrait être le monde futur, autour des axes de l'élimination de la pauvreté, de la protection de l'environnement, et du développement durable.

Dans les pays comme l'Allemagne, la France, l'Italie, l'Angleterre, les U.S.A, etc., la lutte contre la pollution, vise à limiter le volume de dioxyde de carbone en tant que principal responsable du rayonnement, et des changements climatiques, et d'autres gaz à effet de serre. L'élimination ou le recyclage des déchets industriels et surtout, la lutte contre la pollution atmosphérique à l'origine probable des pluies acides¹² qui ont causé des ravages dans la forêt allemande, ont été les priorités de la politique européenne. Dans ces pays, où des progrès ont été faits pour réduire, la pollution d'origine domestique et industrielle, la pollution automobile est restée parmi l'une des plus préoccupantes. Les pays issus de l'ancien empire soviétique (ex-U.R.S.S et pays satellites d'Europe centrale) souffrent également d'un environnement très dégradé en raison de la totale négligence de la dimension environnementale. La révolution industrielle dans ces pays s'est intéressée à la question de savoir comment produire toujours plus, et la nature a été instrumentalisée en "*réservoir de ressources et puits de déchets et non en terme d'environnement*". (LIEBARD. A, DE HERDE.A, 2005) [4]

Aujourd'hui, tous les pays du monde se trouvent confrontés à des problèmes de pollution, et de nuisances portant atteinte à l'équilibre écologique, et à l'environnement urbain.

La prise de conscience des problèmes de la pollution a été plus tardive dans les pays en développement qui connaissent des conditions d'environnement

¹¹ Les 27 principes sont cités dans la déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, voir annexe.

¹² Les pollutions qui proviennent des pays d'Europe centrale et orientale sont la principale cause des pluies acides et du dépérissement des forêts, non seulement dans ces pays mais également en Allemagne et dans certaines zones d'Europe occidentale. C'est pourquoi la réduction des pollutions est un élément essentiel des programmes communautaires et internationaux (Banque européenne de reconstruction et de développement, Banque mondiale) d'aide aux pays d'Europe centrale et orientale. Les pays nordiques attachent beaucoup de prix à leur environnement. Leurs forêts de résineux ont subi, comme celles d'Allemagne, de sérieux dégâts, dus aux pluies acides, de même que les lacs et la faune aquatique.

particulièrement dégradées en raison de la désertification de certaines zones du Sahel, du développement anarchique des grandes agglomérations urbaines du Tiers Monde¹³ où des populations misérables vivent dans des conditions sanitaires désastreuses.

Dans l'Asie du sud-est où, la Chine est le deuxième grand pays pollueur de la planète après les États-Unis, l'environnement est particulièrement dégradé par ces usines qui utilisent le charbon comme source d'énergie.

Les pays du Tiers Monde ont longtemps refusé de voir leur croissance économique affectée par la lutte contre la pollution. Cependant, plusieurs d'entre eux ont commencé à prendre conscience de la nécessité de mieux gérer leurs ressources naturelles, et de se mettre à l'abri des catastrophes écologiques.

Plusieurs pays du Tiers Monde ont été victimes d'accidents écologiques liés à l'industrialisation. Les plus importants ont affecté le golfe du Mexique en 1979 où 400 000 tonnes de pétrole sont déversées en mer à partir d'une plate-forme de recherche pétrolière. La ville de Mexico en 1984 a connu des explosions de gaz ayant causé la mort de 450 personnes, et la ville de Bhopal, en Inde, a connu également en 1984 la fuite de gaz toxique à l'usine de pesticides d'Union Carbide, ayant causé 2 500 morts.

On peut dire aujourd'hui que la prise de conscience sur les problèmes de la pollution est générale. À l'échelle de la planète, la conférence de Rio tenue en Juin 1992, puis celle de Berlin qui s'inscrit dans le processus de Rio en Avril 1995, ont permis de sensibiliser l'opinion internationale sur les problèmes de l'environnement qui menacent notre planète.

Dans cette première partie qui est structurée en deux chapitres, nous allons montrer :

- Ce que l'on entend par le terme de "pollution",
- Ce que sont les gaz dits à effet de serre, et comment agissent-ils -dans l'atmosphère pour réguler notre environnement terrestre,
- quelles sont les conséquences des rejets (métaux lourds, hydrocarbures, fertilisants issus des engrais chimiques et de détergents phosphatés, gaz à effet de serre, etc.) sur le devenir de la planète Terre.

¹³ L'explosion d'immenses métropoles dans de nombreux pays du Tiers Monde (Le Caire, São Paulo, Mexico, Bombay, Calcutta, Shanghai...), est l'un des problèmes d'environnement les plus préoccupants.

CHAPITRE I : LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

Introduction

Depuis les temps les plus reculés, l'homme est conscient du danger que représente une atmosphère polluée comme celle qui est créée de manière naturelle à l'occasion d'une éruption volcanique. Le processus de la révolution industrielle a causé beaucoup de dégâts à la nature et provoqué des bouleversements dans les structures économiques et sociales. Les principaux pollueurs mis en cause dans le bouleversement de la planète, en affectant tous les milieux naturels (atmosphérique, terrestre et aquatique), depuis plus de deux siècles sont :

- L'agriculture consommatrice d'énormes quantités d'engrais et de pesticides,
- L'industrie,
- Le transport.

La pollution sur terre a des répercussions directes sur l'homme et sur l'environnement. Tous les êtres vivants (homme, flore et faune) sont menacés. Les polluants empoisonnent nos aliments et l'air que nous respirons. Ils ont une grande responsabilité dans les changements climatiques qui s'expriment à travers la diminution quantitative et qualitative des ressources en eau, la baisse des rendements agricoles, la dégradation des écosystèmes, l'élévation des températures, les turbulences atmosphériques, les sécheresses, et l'augmentation des inondations. Ainsi, la pollution est devenue de nos jours, l'un des problèmes fondamentaux de l'humanité.

Alors que les pays développés (ou pays du Nord) ont pris conscience depuis les années 1970 que leur prospérité était basée sur l'utilisation intensive des ressources naturelles finies, et que par conséquent, outre l'économique et le social, un troisième aspect a été négligé : **l'environnement**.

Les points cruciaux sont l'épuisement des ressources naturelles (matières premières, énergies fossiles pour les humains), la destruction et la fragmentation des écosystèmes, la diminution de la biodiversité qui réduit la résilience de la planète.

Le développement industriel, agricole, et urbain génère des pollutions immédiates et différées : exemple des pluies acides, et gaz à effet de serre qui contribuent à un changement climatique, ou déforestation qui provoque une perte inestimable en terme de biodiversité par l'extinction d'espèces végétales ou animales.

I-1- L'ATMOSPHERE TERRESTRE : UN MILIEU FRAGILE QUI COMPROMET L'AVENIR DES ÉCOSYSTÈMES

"L'atmosphère est l'air qui entoure la terre, à l'exclusion de l'air qui se trouve à l'intérieur d'une construction ou d'un espace souterrain".¹⁴

L'atmosphère est une immense couche de gaz et de poussières qui enveloppe le globe terrestre. "Dérivé du grec *atmos* (vapeur), le mot "atmosphère" désigne l'enveloppe essentiellement gazeuse qui entoure le globe terrestre et qui s'étend sur la surface du sol jusqu'à une altitude de 150 kilomètres environ". (JEAN-YVES. D, et al, 1999) [5]

L'atmosphère terrestre est l'une des ressources naturelles la plus importante de la Terre. Ces principaux composants sont : l'azote (78,1 %), l'oxygène (20,9 %) et l'argon (0,93 %). Beaucoup d'autres gaz sont présents dans l'atmosphère, mais en quantités extrêmement faibles : le dioxyde de carbone, le néon, l'hélium, le krypton, l'hydrogène, le xénon et l'ozone. Il y a aussi de la vapeur d'eau dans l'atmosphère : entre 1 % (vers les pôles) et 4 % (vers l'équateur).

Différents types de fines particules liquides ou solides appelées aérosols, sont aussi en suspension dans l'air : poussières provenant de volcans, grains de sable et de sel, pollens, gaz polluants rejetés par les industries, etc. Ces aérosols¹⁵ circulent dans les basses couches de l'atmosphère.

"Les gaz majoritaires (azote, oxygène), ne jouent qu'un rôle très faible dans l'équilibre énergétique de la planète du fait qu'ils sont formés de molécules diatomiques alors que seules les molécules au moins triatomiques ont la capacité d'absorber de manière importante le rayonnement solaire ou terrestre. "A côté de ces constituants majoritaires, qui représentent plus de 99,5% de la masse de l'atmosphère, coexistent une multitude d'autres composés minoritaires : molécules, atomes ou radicaux dont les concentrations, exprimées en partie par millions, voire en partie par milliards (ou sous multiples), peuvent avoir une influence considérable sur l'équilibre chimique ou radiatif de notre atmosphère". (MAGI. L, 1998) [6]

¹⁴ Secrétariat d'État à l'Environnement, Prendre conscience de la pollution atmosphérique.

¹⁵ Dans les basses couches de l'atmosphère, les aérosols ont une influence sur le bilan radiatif et agissent sur le climat et sur la formation des nuages. Ils interviennent dans les processus de transfert de matière entre les océans et l'atmosphère, dans le transport à longue distance et les mécanismes de dépôt par voie sèche et humide.

C'est donc des gaz présents en plus petites quantité qui régulent notre environnement terrestre : il s'agit des gaz à effet de serre qui sont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane, et les oxydes nitreux.

L'atmosphère de la Terre est le siège d'une multitude de phénomènes. C'est dans la troposphère que les phénomènes météorologiques (précipitations, tornades, éclairs, etc.) se déroulent. La vie ne peut exister que grâce à l'atmosphère. Toute modification de ce milieu peut affecter non seulement notre vie, mais celle de toutes les espèces sur terre.

Le tableau n°1 ci-dessous, résume succinctement le pourcentage en volume des principaux constituants de l'atmosphère. L'azote, l'oxygène et les gaz rares sont présents dans ces concentrations depuis 20 millions d'années. Les concentrations de certains constituants naturels de l'air peuvent être grandement modifiées. De plus, des corps étrangers, voire toxiques, peuvent être ajoutés abondamment à l'air.

La composition de l'atmosphère sèche au voisinage du sol peut être considérée comme invariable. Dans ces conditions la masse molaire de l'air est de $M=28.966$, et sa masse totale est estimée à $5.13 \cdot 10^{10}$ kg soit un millionième de la masse de la terre.

Tableau n°1 : **Composition atmosphérique de l'air sec (en proportion relative)**

Composant	Formule chimique	% en volume d'air sec
Azote	N ₂	78,09
Oxygène	O ₂	20,95
Argon	Ar	0,93
Dioxyde de carbone	CO ₂	0,0344 ou (334 ppm)
Néon	Ne	0,0018 ou (18 ppm)
Hélium	He	0,0005 ou (15 ppm)
Méthane	CH ₄	0,00017
Krypton	Kr	0,0001 ou (1 ppm)
Hydrogène	H ₂	0,00005 ou (0. 5 ppm)
Xénon	Xe	0,000008 ou (0,08 ppm)
Ozone	O ₃	0,000002 ou (0.02 ppm)

Source : D'après P.Urone, 1976

I-2- ORIGINE ET ÉVOLUTION DE L'ATMOSPHÈRE

La terre est entourée de quelque $5,2 \times 10^{19}$ tonnes d'air, 99 % de sa masse se trouve dans les 30 premiers kilomètres. Plus de la moitié de cette masse est

contenue dans les premiers cinq à six kilomètres. Cette couche d'air est donc très mince en regard des 12 800 kilomètres du diamètre terrestre. L'atmosphère terrestre a évolué de manière continue depuis la naissance de la Terre, il y a environ 4,6 milliards d'années. L'atmosphère était d'abord constituée d'hydrogène et d'hélium ; mais ces gaz très légers se sont rapidement échappés dans l'espace en raison de la faible gravité (force d'attraction) de la Terre. La première véritable atmosphère (composée principalement de dioxyde de carbone, d'azote et de vapeur d'eau) s'est formée grâce aux éruptions volcaniques. A cette époque, la Terre était recouverte de volcans très actifs, qui ont éjecté d'énormes quantités de gaz de l'intérieur de la Terre. Plus de 80 % de cette atmosphère se sont constitués durant les 150 premiers millions d'années après la formation de la Terre. La Terre s'est ensuite refroidie, et une grande partie de la vapeur d'eau de l'atmosphère s'est condensée (passage de l'état de gaz à l'état liquide) : des pluies diluviennes se sont alors abattues sur Terre et ont formé les océans. Au cours des deux milliards d'années suivants, de l'oxygène est apparu dans l'atmosphère grâce à l'activité d'organismes marins (bactéries et algues) pratiquant la photosynthèse. Il a encore fallu deux milliards d'années avant que l'oxygène se trouve en quantité suffisante dans l'atmosphère pour former une couche d'ozone en mesure de protéger la Terre des rayons ultraviolets du Soleil. Cela a permis aux êtres vivants de sortir des océans, il y a environ 440 millions d'années. Dans le système solaire, la terre qui abrite la vie se distingue des autres planètes par son atmosphère et par la présence d'eau¹⁶. L'atmosphère est un lieu d'échange d'énergie et de rayonnement. 30% du rayonnement solaire est réfléchi par l'atmosphère après réflexion sur les nuages, l'eau et les océans, 20% est absorbé, et 50% seulement viennent chauffer le sol, les mers et les océans. (JEAN-YVES. D et al, 1999) [8]

I-3- LA STRUCTURE DE L'ATMOSPHERE

La structure de l'atmosphère telle que nous la connaissons maintenant a presque été entièrement découverte au vingtième siècle. L'atmosphère est la couche gazeuse, épaisse d'environ 10 000 kilomètres qui entoure la planète Terre. D'autres planètes du système solaire possèdent une atmosphère, mais leur composition

¹⁶ Les océans, et les mers couvrent plus de deux tiers de la superficie de la terre. " La totalité de l'eau présente sur notre planète constitue l'hydrosphère, et les estimations de son volume varie de 1350 à 1700 millions de km³. La répartition des diverses formes de l'eau s'établit comme suit : Océans 97,4%, Glaces 2%, Eaux souterraines 0,58%, Lacs et rivières 0,02%, Vapeur atmosphériques 0,001%". (SATIN.M, SELMI.B 1999) [7]

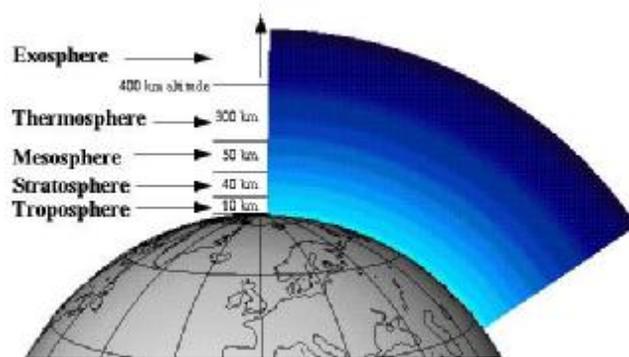
chimique est très différente de celle de la Terre. Les planètes plus proches du Soleil¹⁷ (Vénus, Mars) ont une faible couche atmosphérique, composée à 90 % de dioxyde de carbone. Les planètes plus éloignées du Soleil (Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune) ont une atmosphère plus épaisse, composée principalement d'hydrogène et d'hélium.

I-3-1- Les différentes couches de l'atmosphère

L'atmosphère peut être subdivisée en diverses régions selon que l'on considère la composition moléculaire de l'air ou la variation de la température. La subdivision la plus couramment utilisée est faite en fonction des variations de la température de l'atmosphère que l'on observe avec l'altitude (figure n°1). Cette classification nous permettra de mieux décrire subséquemment les mécanismes qui régissent la dispersion des contaminants atmosphériques¹⁸. Les variations de température délimitent l'atmosphère terrestre en 7 couches superposées, planes et

parallèles. Chacune de ces couches a des propriétés différentes (épaisseur, température, pression). Depuis la surface de la Terre, ces couches sont: la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, l'ionosphère, la thermosphère, l'exosphère, et la magnétosphère.

Fig. n°1 : Les différentes couches de l'atmosphère



Source : <http://www.atm.ch.cam.ac.uk/tour/>

¹⁷ La température moyenne de Vénus est de 460°C, non pas à cause de sa proximité par rapport au Soleil mais parce que son atmosphère est principalement composée de dioxyde de carbone. Mercure est beaucoup plus proche, mais plus froide.

¹⁸ La diffusion des polluants est rapide, et immédiate au niveau de la troposphère, elle s'effectue en revanche très lentement dans la stratosphère à cause de la faible vitesse d'échange entre les couches d'altitude différente. La durée moyenne pendant laquelle une particule insédimentable demeure dans la stratosphère est comprise entre deux et trois ans à l'altitude de 30 kilomètres ; elle est d'un an dans la basse stratosphère (entre 15 et 18 km) et de deux mois au niveau de la tropopause. Cette durée ne dépasse pas trente jours dans la troposphère moyenne (vers 6 000 m). Les aérosols ne séjournent qu'une semaine dans la basse troposphère, au-dessous de 3 000 mètres d'altitude.

I-3-1-1- La troposphère : siège des mouvements de convection qui dilue la pollution

La troposphère ou la basse atmosphère, où se développe une multitude de phénomènes météorologiques et de pollution, est la couche la plus proche de la surface de la Terre. Cette couche s'étend de 10 à 15 kilomètres d'altitude, son épaisseur moyenne est de 12 kilomètres. C'est dans cette mince couche de l'atmosphère comparée aux 6378 km du rayon terrestre, que s'accumulent les gaz polluants issus des activités humaines (industries, transports). La quantité de vapeur d'eau que l'on retrouve dans la troposphère varie de zéro pour cent à trois pour cent (en volume) selon que l'on se situe dans une région aride ou dans une région chaude et humide. La vapeur d'eau joue un rôle important dans la formation des nuages, les précipitations, le bilan thermique de la terre et les réactions chimiques qui ont lieu dans l'atmosphère.

Lorsqu'on parle de pollution atmosphérique, il s'agit donc principalement de la pollution de l'air de la troposphère. La partie inférieure de la troposphère est généralement appelée couche limite. On peut définir la couche limite comme étant la partie de l'atmosphère fortement influencée par l'air qui s'est trouvé en contact avec la surface terrestre, durant un jour environ. Plus haute en été qu'en hiver, c'est dans cette petite section de la troposphère d'une hauteur moyenne d'un kilomètre que sont émis, se dispersent, réagissent et sont transportés les contaminants atmosphériques. Dans la troposphère, l'air est chauffé par le sol, et la température décroît en fonction de la latitude et de la saison de l'année d'environ 6,5 degrés par kilomètre d'altitude pour se stabiliser au niveau de sa limite supérieure appelée la tropopause, à une température d'environ moins 60 °C. À la limite supérieure de la troposphère, les températures cessent de décroître, c'est la tropopause. La tropopause la plus haute se situe au-dessus de l'équateur pendant l'été (18km environ), tandis que la plus basse se situe dans les régions nordiques en hiver (8 km). Dans la couche comprise entre 12 et 14 km en moyenne que l'on appelle donc la tropopause, la température est comprise entre 230 K et 240 K. La tropopause est le siège de vents laminaires de grandes vitesses. Ce sont les fameux "jet streams" dans lesquels volent les avions entre New York et Paris, ce qui réduit le temps de parcours de plus d'une heure par rapport au vol en sens inverse.

La masse de la troposphère représente environ 90 % de la masse totale de l'atmosphère, alors que son volume ne représente que 1,5 % du volume total. (JEAN-YVES. D et al, 1999) [8]

Le mouvement global de l'air sur la Terre est appelé circulation générale de l'atmosphère. Ces mouvements de masses d'air se déroulent dans la troposphère (altitude inférieure à 12 km). Ils sont dus aux différences de température qui existent entre les pôles et l'équateur. L'air (chaud et humide) monte à l'équateur, puis se dirige vers les pôles à très haute altitude. Aux pôles, l'air (devenu froid et sec) descend et revient à l'équateur à plus basse altitude. Ce cycle forme une cellule de Hadley. Ce mouvement global de l'air est toutefois influencé par la circulation générale des océans et par le relief. Les mouvements de l'air peuvent être connus en mesurant la pression atmosphérique, c'est à dire le poids de l'atmosphère en un lieu donné. Ces variations permettent de savoir le temps qu'il fait chaque jour. Cette mesure se fait avec un baromètre. La pression de référence, mesurée au niveau de la mer, est égale à 1015 hPa (hectopascals). Les régions où la pression est plus forte (proche de 1 040 hPa) sont des zones de haute pression (appelées anticyclones), qui correspondent à du beau temps. Les régions où la pression est plus faible (proche de 970 hPa) sont des zones de basse pression (appelées dépressions), qui correspondent à du mauvais temps.

I-3-1-2- La stratosphère : lieu où se concentre la couche d'ozone¹⁹

La stratosphère est située juste au dessus de la troposphère. Comprise entre la tropopause, et la stratopause, la stratosphère s'étend sur environ 50 kilomètres d'altitude au-dessus du niveau de la mer. L'air y est énormément plus raréfié. C'est dans cette mince couche, que se trouve à une altitude comprise entre 20 et 50 kilomètres, la couche d'ozone qui arrête une grande partie des rayons ultraviolets solaires. Sans cette couche d'ozone (O₃) formée par des réactions photochimiques : combinaison d'oxygène moléculaire (O₂) et d'oxygène atomique (O) libéré par le rayonnement solaire, la vie des plantes, des hommes, et des animaux, subirait des dommages irréparables.

¹⁹ Les années 1980 ont, monter la peur des changements climatiques planétaires sous l'effet des pollutions. La dégradation de la couche d'ozone de la stratosphère a entraîné l'adoption d'une convention (Vienne, 1985), puis d'un protocole (Montréal, 1987) qui visent à tarir la production des chlorofluorocarbures (CFC), substances auxquelles est attribué le phénomène.

Chauffée par l'action du rayonnement ultraviolet grâce auquel l'ozone est formé et détruit, la température de la stratosphère est proche de celle de la surface terrestre.²⁰ Dans la stratosphère la température croît légèrement jusqu'à 275 K en raison de l'absorption par l'ozone des rayons ultraviolets du soleil. La concentration d'ozone autour de la planète n'est pas uniforme; elle varie en fonction des zones géographiques. Elle est notamment plus faible au-dessus de l'Antarctique, où se forme le fameux « trou » de la couche d'ozone découvert à la fin des années 1970.

I-3-1-3- La mésosphère

Située au dessus de la stratosphère au sein de laquelle la température décroît en raison de la baisse de pression, la mésosphère s'étend sur 50 à 80 kilomètres d'altitude. Séparée de la stratosphère par une partie pratiquement isotherme de la mésosphère, la température diminue jusqu'à -140°C au niveau de la cime de la mésosphère, appelée mésopause²¹. C'est dans cette couche que les météores brûlent et forment les étoiles filantes. La production d'ozone dans la mésosphère décroît avec l'altitude tandis que le dioxyde de carbone CO₂ joue un rôle de plus en plus important en absorbant le rayonnement infrarouge, ce qui stoppe la décroissance de la température. Donc au-delà de 80 kilomètres, la température augmente à nouveau dans la thermosphère à cause de l'absorption par l'oxygène moléculaire d'une partie des rayons ultraviolets.

I-3-1-4- La thermosphère

La thermosphère est la région située au-delà de 80 kilomètres d'altitude. Elle est définie comme la région extérieure où les températures sont très élevées (jusqu'à 1200 °C) en raison de l'absorption de la lumière solaire. Dans la thermosphère, la température croît constamment. Elle atteint 855 K à 200 km et 1000 K à 750 km dans l'exosphère. Les molécules d'air deviennent très rares. C'est dans la thermosphère que se produisent les aurores polaires (les aurores boréales dans l'hémisphère Nord et les aurores australes dans l'hémisphère Sud). Dans la thermosphère le rayonnement solaire provoque la photodissociation et la photo ionisation des molécules d'oxygène.

²⁰ Dans la stratosphère la température croît légèrement jusqu'à 275 K en raison de l'absorption du rayonnement solaire par l'ozone. La stratosphère est chauffée par la formation et la destruction de l'ozone par rayonnement ultraviolet du soleil.

²¹ Dans la mésosphère la production de l'ozone décroît et le gaz carbonique joue un rôle important pour diminuer le refroidissement de l'air en absorbant les rayons infrarouges.

I-3-1-5- L'ionosphère

Située entre 80 et 600 kilomètres d'altitude, l'ionosphère est la région de l'atmosphère supérieure où beaucoup d'atomes sont ionisés et où le gaz contient des noyaux chargés positivement et les électrons négativement.

I-3-1-6- L'exosphère

L'exosphère s'étend jusqu'à 10 000 kilomètres d'altitude, là où s'arrête l'atmosphère et où commence l'espace. C'est dans cette zone que gravitent les satellites artificiels. L'exosphère est la zone la plus haute de l'atmosphère terrestre, où les particules les plus légères échappent à la gravitation et s'en vont dans l'espace. L'exosphère est la limite physique de l'atmosphère.

I-3-1-7- La magnétosphère

La magnétosphère est la région de l'espace soumise au champ magnétique d'une planète.

I-4- LA POLLUTION DE L'AIR

La pollution de l'air a commencé depuis la découverte du feu par l'homme lorsqu'il incendiait une forêt ou, simplement, quand il allumait une torche pour éclairer l'intérieur de sa caverne. Son intensification a commencé depuis l'ère industrielle au 19^{ème} siècle, en polluant l'air²² de toutes les grandes villes des pays fortement industrialisés, et même celui des pays en développement. En ville, la pollution est plus forte les jours où la température est élevée (forte chaleur), et lorsqu'il n'y a pas de vent. L'air pollué se rencontre surtout dans les zones où la circulation est très dense, dans les zones industrielles et leurs alentours, et à proximité des lieux de décharges qui brûlent à l'air libre.

La pollution de l'air est donc un problème environnemental ancien, qui s'est accentuée au fil des siècles et culmine avec l'avènement de l'ère industrielle. Liée en partie à l'industrialisation, à l'urbanisation, et au développement des transports, la pollution de l'atmosphère s'est intensifiée depuis la seconde moitié du 20^{ème} siècle.

²² L'air est l'élément fondamental de la vie de tout être vivant. Nos poumons filtrent 15 kg d'air atmosphérique, tandis que nous n'absorbons que 2,5 kg d'eau et moins de 1,5 kg d'aliments. (T.S.M n° 1, 1996) [10]

De dimension locale ou régionale, mais aussi transnationale (pluies acides), la pollution de l'atmosphère a entraîné des effets néfastes sur les écosystèmes (sols, forêts, lac, étang, mer et océan, ...). Le cas des pluies acides qui ont ravagé les forêts en Europe, ont été pour le gouvernement allemand les premiers signes de catastrophes que peut engendrer la pollution atmosphérique sur les résineux. Bien que les causes de la dégénérescence des résineux soient sans doute multiples, le gouvernement allemand a décidé depuis ces catastrophes, l'introduction immédiate de carburants sans plomb, en vue de permettre la généralisation des pots d'échappement catalytiques²³. Avec l'appui du Danemark, des Pays-Bas et du Parlement européen, l'Allemagne a obtenu raison pour que les pots catalytiques soient progressivement rendus obligatoires dans la Communauté européenne, et dans l'association européenne de libre-échange. De nos jours, la pollution de l'atmosphère a atteint des proportions alarmantes, et a fini par constituer un sujet d'inquiétude croissant dans les zones urbaines et industrielles. La pollution de l'air tend à s'intensifier, et à s'étendre à tous les lieux habités à cause du développement industriel, et de l'importance des véhicules.

1-4-1- La pollution de l'air: un fait naturel aggravé par les activités humaines

Les polluants de l'air (ou polluants atmosphériques) peuvent être d'origine naturelle ou provenir des activités humaines (industries, transports). Le terme "pollution de l'air" se réfère à la présence dans l'atmosphère libre extérieure, de poussières et de gaz. Quand les substances arrivent à une concentration nocive pour l'organisme, il y a pollution. La concentration peut être de l'ordre de milligramme ou même de centigramme par m³ d'air, parfois même quelques parties par million (ppm) et par centièmes de million (ppcm), modifiant d'une manière perceptible la composition en pourcentage de l'air. Ainsi, lorsqu'on parle de pollution atmosphérique, il s'agit principalement de la pollution de l'air de la troposphère. La pollution de l'air est due à la présence de polluants dans les plus basses couches de l'atmosphère. Ces polluants sont des gaz ou des particules.

²³ Les systèmes d'échappement catalytiques tendent à réduire ces émissions de gaz à effet de serre, mais contrairement à une idée répandue, ils ne stockent pas de particules, ni ne fonctionnent directement après le démarrage : il leur faut du temps pour 'chauffer' et ainsi activer la catalysation. De plus, des métaux lourds du groupe du platine sont perdus en quantité significative par ces systèmes lorsqu'ils vieillissent ou quand les voitures roulent sur de mauvaises routes.

La pollution de l'air est néfaste pour l'environnement et pour tous les êtres vivants. On entend par pollution de l'air, d'après la loi n°83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement, " *l'émission dans l'atmosphère des gaz, des fumées sous forme de particules solides, liquides ou gazeuses, ayant des effets corrosifs, toxiques ou odorants de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique ou à nuire aux végétations, la production agricole et produits agroalimentaires, à la conservation des constructions et monuments ou au caractère des sites*".

En France, l'article 2 de la loi du 30 décembre 1996 définit: La pollution comme étant "*l'introduction par l'homme directement ou indirectement dans l'atmosphère et les espaces clos, des substances ayant des effets préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives*".

La plupart des nombreuses définitions de la pollution ont généralement en commun l'idée d'un seuil à partir duquel les contaminants atmosphériques sont susceptibles de créer des effets indésirables. La pollution atmosphérique est selon la définition québécoise, l'état de l'atmosphère lorsque l'on y trouve un contaminant ou un mélange de contaminants en concentration ou en quantité supérieure à un seuil admissible.

La définition suggérée en 1967 par la commission du conseil de l'Europe est particulièrement intéressante. Elle s'annonce comme suit : " *Il y a pollution de l'air lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans les proportions de ses composantes est susceptible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, de provoquer un effet nocif ou de créer une nuisance ou une gêne*". (BISSON.M, 1986) [11]

"*La pollution est définie comme étant ce qui rend un milieu malsain. La définition varie selon le contexte, selon le milieu considéré, et selon ce que l'on peut entendre par malsain*". (Pollutions olfactives, 2005) [12]

À grande échelle, la pollution de l'air contribue au réchauffement de la planète par effet de serre, au trou de la couche d'ozone²⁴ et à la formation de pluies acides.

La pollution de l'air ne touche pas seulement la plus basse couche de l'atmosphère (la troposphère). Certains polluants sont rejetés encore plus haut dans l'atmosphère²⁵. L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (comme le dioxyde de carbone) au cours du 20^{ième} siècle a accentué le phénomène naturel d'effet de serre. Ceci est à l'origine du réchauffement global de la planète, qui devrait se poursuivre tout au long du 20^{ième} siècle.

D'après les mesures faites sur les calottes glaciaires, les chercheurs ont montré que depuis l'an 1000, la teneur en CO₂ de l'atmosphère est restée à peu près stable, mais à partir du 19^{ième} siècle, les activités industrielles, le chauffage, la circulation automobile, l'urbanisation, et la déforestation ont fait augmenter régulièrement la concentration en CO₂. Le CO₂ contribue pour 2/3 à l'effet de serre, mais le plus préoccupant c'est qu'il a augmenté de 30% au niveau mondial²⁶. Cette augmentation vient s'additionner à l'effet de serre naturel.

La pollution ne correspond pas uniquement aux activités de l'homme, elle est aussi un fait naturel. Si cette inconscience du non respect du milieu par l'homme persiste, c'est la survie du genre humain qui est menacé. Quelque soit le règne, végétal, animal ou humain; tous peuvent être affectés par la pollution de l'air directement ou indirectement au travers de la chaîne alimentaire et à divers degrés. La pollution de l'air tout comme la pollution de l'eau, ne connaissent pas de limites géographiques et ne connaissent pas non plus de frontières politiques. La pollution n'est plus simple affaire de voisinage. Les marées noires, les pluies acides et les effluves radioactifs ignorent les frontières.

²⁴ Sans cette couche d'ozone (O₃) formée par des réactions photochimiques : combinaison d'oxygène moléculaire (O₂) et d'oxygène atomique (O) libéré par le rayonnement solaire, la vie des plantes, des hommes, et des animaux, subirait des dommages irréparables.

²⁵ La deuxième irruption du volcan PINATUBO aux Philippines, avait créé une situation difficile car, en polluant l'atmosphère jusqu'à 24 km d'altitude, l'irruption avait détruit 20 % de la couche d'ozone, et avait provoqué une modification climatique telle que la température chuta brutalement.

²⁶ Depuis le début de la Révolution Industrielle, la quantité de dioxyde de carbone (un gaz à effet de serre qui joue un rôle essentiel dans le changement climatique) présente dans l'atmosphère s'est accrue de 31%. (<http://www.earthday.net/programs/international/francais/LeMonde.aspx>)

I-4-2- La pollution naturelle : effets du vent et des éruptions volcaniques

Plusieurs contaminants sont émis dans l'atmosphère par des phénomènes naturels. Certains de ces contaminants d'origines naturelles sont émis dans l'atmosphère en quantités plus importantes que les contaminants émis par l'homme. Les polluants ont une grande responsabilité dans les changements climatiques qui s'expriment à travers la diminution quantitative et qualitative des ressources en eau, la baisse des rendements agricoles, la dégradation des écosystèmes, l'élévation des températures, les turbulences atmosphériques, la contamination des nappes phréatiques. Les polluants d'origine naturelle sont principalement le dioxyde de soufre (SO₂) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ils sont dus aux éruptions volcaniques, aux décompositions de matières organiques (animaux et végétaux morts) et aux feux de forêt.

Des particules en suspension dans l'air (appelés aérosols) peuvent également provenir des éruptions des volcans ou des déserts, et être transportées sur de très grandes distances. En dehors des vents puissants et chauds, périodiques et irréguliers, qui soulèvent la poussière du sol dans l'atmosphère "le sirocco" ; il y a des phénomènes extraordinaires de déplacement de poussières à de grandes distances par des vents appelés tempêtes de poussières. L'on peut citer à titre d'exemple, les tempêtes de poussières qui transportent des millions de tonnes de particules d'Afrique jusqu'en France et en Angleterre²⁷, et des régions de l'ouest des Etats-Unis jusqu'à l'océan Atlantique.

"La tempête qui a eu lieu les 09 et 12 mars 1901, a transporté d'Afrique en Europe, approximativement 2.000.000 de tonnes de poussières et celle de février 1903, 7.000.000 tonnes de poussières. Une grande tempête de poussière a eu lieu aux Etats-unis en février-avril 1903 dans l'Etat du Kansas et le transport de poussière a duré 68 jours". (MATEI.B et PASCU.U, 1974) [13]

Les éruptions volcaniques projettent dans l'espace des poussières qui arrivent à diminuer l'irradiation solaire sur des distances considérables. Les régions volcaniques donnent naissance pendant la durée des éruptions à des émanations de gaz qui peuvent faire de nombreuses victimes. Les vapeurs, et parfois les particules

²⁷

Les vents de sable, provenant d'Afrique du Nord sur l'Europe, entraînent des quantités extrêmement importantes de particules et de poussières. Ces polluants naturels sont peu dangereux car ils ne restent pas très longtemps dans l'atmosphère. Les vents de pollens provenant de la forêt amazonienne peuvent atteindre le milieu de l'Atlantique.

solides réduisent les radiations solaires pendant un temps plus ou moins long, et diminuent la proportion de l'oxygène naturel dans l'air. Leur composition peut être toxique surtout à cause des composés de soufre. Les tremblements de Terre provoquent la pollution de l'air par des poussières provenant tant du sol que de la destruction des bâtiments.

La pollution est naturelle du fait de son activité interne et de manifestations externes qui lui sont liées, elle génère des phénomènes extraordinaires dans ses milieux pour le maintien de ses grands équilibres à travers sa sismologie, sa vulcanologie, sa météorologie. C'est ainsi que :

- des volumes considérables de particules sont émis dans l'Espace chaque année par l'activité des volcans, qui projettent dans l'espace des poussières qui arrivent à diminuer l'irradiation solaire sur des distances considérables,
- la topographie du globe est en constante transformation par rapport aux séismes terrestres ou marins (tectonique des plaques, dérive des continents),
- les côtes sont remodelées régulièrement par les typhons, houles et autres pluies diluviennes entraînant des inondations catastrophiques,
- le paysage de l'intérieur des terres subit lui aussi l'érosion, la désertification par rapport à la sécheresse, et aux vents violents.

I-4-3- Les polluants dus aux activités humaines : une altération de tous les milieux par des contaminants industriels et des transports

L'atmosphère polluée est souvent associée aux diverses activités humaines²⁸. Les CFC²⁹ (chlorofluorocarbones), et les HFC (hydrofluorocarbones) n'existent pas à l'état naturel. Ils sont fabriqués par l'homme. Ils retiennent 20.000 fois plus d'infrarouges que le dioxyde de carbone, et restent 50.000 ans dans l'atmosphère.

L'activité humaine est essentiellement centrée sur les domaines de l'industrie, de l'agriculture, du transport et leurs dérivés. C'est précisément dans ces domaines là que la pollution est la plus perceptible. Les contaminants industriels empoisonnent

²⁸ En plus des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) des volcans, les activités humaines rejettent autour de 7 milliards de tonnes de carbone dans l'atmosphère chaque année. (<http://www.earthday.net/programs/international/francais/LeMonde.aspx>)

²⁹ Les milieux politiques ont reconnu grâce aux résultats de chercheurs comme Franck Arnold "Atmosphérologue Allemand" que les chlorofluorocarbones "CFC", sont responsables de la pollution de l'atmosphère, et que cette substance qui constitue un danger pour la planète doit être interdite à l'échelle mondiale (TSM n°1,1996)

nos aliments et l'air que nous respirons. Chez l'animal, la dioxine produits des cancers, des malformations et des retards de croissances "foeto-toxicité". Les dioxines sont présentes dans toutes les fumées de combustion, les incinérateurs, les incendies de forêts, le trafic routier et fumées des nombreuses industries.

La pollution est d'origine humaine de par ses concentrations, et de par ses activités. En milieu urbain, s'ajoute à la pollution d'origine industrielle, la pollution émise par les automobiles, l'incinération des ordures, et la combustion domestique en période hivernale.

Soucieux de satisfaire ses besoins et son confort, l'homme par égoïsme ou inconscience n'a pas du tout ménagé son environnement lui portant atteinte parfois gravement par ses activités en polluant indifféremment tous les milieux au travers de ses divers rejets:

- gaz et poussières nocives dans l'atmosphère, liés aux industries chimiques, pétrolières et dérivés du bâtiment,
- métaux lourds et autres produits de synthèse dans le milieu aquatique, liés aux industries minières, d'énergie, etc.,
- déchets domestiques et synthétiques contaminant les sols liés, aux industries de transformation agroalimentaires et aux regroupements humains.

Les principaux polluants que les hommes rejettent dans l'atmosphère sont : le dioxyde de carbone (CO₂), le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃), et des particules en suspension. Ces polluants proviennent de la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel), des industries (usines métallurgiques et sidérurgiques, incinérateurs de déchets, raffineries de pétrole, etc.) et des transports routiers.

I-5- LES PRINCIPAUX POLLUANTS QUE LES HOMMES REJETTENT DANS L'ATMOSPHERE

Émissions et retombées radioactives des usines nucléaires, pollutions industrielles, émissions de gaz carboniques par les automobiles, ou utilisations des bombes aérosols, contribuent à la dégradation de l'environnement.

Les contaminants atmosphériques peuvent être des matières solides, liquides ou gazeuses, des micro-organismes, une odeur, un rayonnement, une chaleur, une radiation, ou toute combinaison des uns et des autres, susceptibles d'altérer de quelque manière, la qualité de l'environnement.

On classe les contaminants atmosphériques en deux groupes : les contaminants primaires, et les contaminants secondaires. Les contaminants primaires sont émis directement dans l'atmosphère sous forme particulaire ou gazeuse. Ils peuvent causer par eux mêmes des effets indésirables sur un ou plusieurs milieux récepteurs. Les contaminants secondaires sont des composés particuliers ou gazeux, qui découlent de réactions chimiques ou photochimiques entre certains contaminants primaires, ou entre certains contaminants primaires et les constituants normaux de l'atmosphère.

I-5-1- Les oxydes de soufre

Les émissions du bioxyde de soufre SO_2 contenus dans l'atmosphère ont différentes origines. Ces gaz incolores, très irritants et toxiques d'une odeur suffocante provoquant la toux, proviennent essentiellement des installations de combustion, des raffineries, des échappements des véhicules, des feux de forêts, etc. L'air pollué par ce gaz appelé gaz sulfureux ou anhydride sulfureux, aggrave les maladies respiratoires, provoque la nécrose chez les végétaux, corrode les édifices et les pierres calcaires.

Aujourd'hui l'on sait que ces polluants peuvent se propager à de longues distances, bien souvent au-delà des frontières des pays émetteurs. Pendant le transport, ces oxydes subissent des transformations chimiques. Ainsi, le bioxyde de soufre (SO_2) se transforme en trioxyde de soufre puis, dans la couche comprise entre la surface de la terre et 25 kilomètres d'altitude, la réaction chimique de ce gaz produit dans des conditions particulières des aérosols d'acide sulfurique H_2SO_4 . Ces aérosols sont extrêmement dangereux provoquant le phénomène connu sous le nom de smog (brouillard de fumée) comme celui de la Meuse (Belgique 1930) ayant provoqué une mortalité de plus de 60 personnes, ou celui de Londres ayant provoqué le décès de plus de 4000 personnes.

L'anhydride sulfureux est l'un des polluants les plus courants, et les plus caractéristiques de l'air de nos villes, il possède la toxicité la plus élevée par rapport aux oxydes d'azotes, et de carbone émis par les voitures.

Le dioxyde de soufre SO_2 est l'agent agressif le plus répandu dans la dégradation des constructions. Il provoque par sa transformation en acide sulfureux et sulfurique, et par sa réaction avec le carbonate de calcium des crépis, des revêtements de marbre, de la pierre de calcaire, des dommages inestimables en particulier pour le cas des sculptures extérieures et pour les monuments célèbres. Le dioxyde de soufre (SO_2) est en partie à l'origine des pluies acides (contenant de l'acide sulfurique), qui provoquent une dégradation des monuments construits avec des pierres calcaires et la mort prématurée de végétaux (forêts, notamment). Il peut également provoquer des troubles respiratoires chez l'enfant ou les personnes âgées.

La corrosion par le SO_2 s'exerce de façon massive sur les toits métalliques, ses effets sont très rapides et vont jusqu'à la perforation dans les zones intensément polluées. Les mêmes effets se constatent sur les clôtures, les tuyaux, etc. Parmi les métaux non ferreux, l'aluminium est le plus résistant à la corrosion, mais une humidité trop élevée favorise aussi l'attaque de ce métal.

La peau, le papier, les textiles, les matières synthétiques, attaquées par les polluants de l'air, subissent un durcissement, des craquelures, une réduction d'élasticité, la perte de leur brillance et de leur malléabilité. La dégradation de la peau par l'anhydride sulfureux SO_2 , a été constatée il y a plus d'un siècle (Faraday 1883), par le fait qu'elle change d'aspect, que sa souplesse, son élasticité et sa résistance se réduisent. Les oxydes de soufre provenant essentiellement des raffineries et échappement des véhicules, sont des gaz toxiques qui aggravent les maladies respiratoires. A Londres, 4000 personnes ont trouvé la mort à la suite du pire épisode de pollution atmosphérique. Trois ans plus tard, 1000 décès sont imputés aux concentrations élevées de dioxydes de soufre et de particules en suspension, survenues aux cours d'un autre épisode de pollution.

I-5-2- Les oxydes d'azote

Les oxydes d'azote sont produits en grandes quantités par l'industrie des engrais azotés, de divers procédés chimiques, ou dégagé par l'échappement des véhicules diesel. Ils sont un des constituants du smog et peuvent provoquer des infections respiratoires. Dans la composition atmosphérique de l'air sec, les oxydes nitreux N_2O représente 0,00005 ou 0,05 ppm (partie par million). En ville les

émissions d'oxydes d'azote sont importantes, leur origine vient des véhicules diesel (véhicules utilitaires et voitures particulières).

L'azote apparaît comme un élément indispensable à la constitution des êtres vivants. L'homme et les animaux le puisent dans les aliments qu'ils consomment. Les plantes l'empruntent aux substances azotées du sol d'où l'importance considérable des engrais azotés en agriculture. Les oxydes azotés sont produits en quantités dans l'industrie des engrais.

L'oxyde azoteux connu plus sous le nom de gaz hilarant, une fois dans la stratosphère (couche entre 10 et 35 kilomètres d'altitude), est transformé sous l'action du soleil en une autre substance à partir de laquelle se constitue l'acide nitrique qui se condense et produit des particules en suspension ce qui fait office de catalyseurs et activent le chlore (élément qui détruit les molécules d'ozone).

L'apparition de l'atome d'oxygène dans la mésosphère et dans la stratosphère conduit automatiquement à son association avec une molécule d'oxygène en vue de constituer une molécule d'ozone. Elle jouit de propriétés absorbantes, très importantes pour le développement de la chimie atmosphérique, dans deux domaines spectraux qui furent identifiés respectivement par James Chappuis en 1880 dans le domaine visible (bandes de Chappuis) et par Ralph W. L.Hartley en 1881 dans l'ultraviolet (bandes de Hartley).

En ville, les émissions d'oxyde d'azote sont importantes. Leur origine est du côté des véhicules diesel (véhicules utilitaires et voitures particulières).

I-5-3- Les oxydes de carbone

L'oxyde de carbone est un gaz incolore, inodore, asphyxiant et extrêmement nocif pouvant provoquer la mort. Les symptômes typiques d'intoxication par l'oxyde de carbone chez un sujet conscient sont: les vertiges, céphalées, nausées, vomissements, confusion mentales, et lorsque l'intoxication est sévère la peau de la victime rosit et les muqueuses rougissent. L'oxyde de carbone est produit lors de la combustion incomplète de produits carbonés employés comme combustibles: charbon, bois, huile, gaz, essence, etc. Ce composé constitue, à l'intérieur du bâti, la première cause de mortalité par toxicité en France (200 décès et 7000 hospitalisations). (DECAMPS.E, et TOUBON.P, 1998) [14]

Le gaz carbonique est surtout dû à la combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) et à l'industrie (fabrication de ciment). En milieu urbain les

véhicules automobiles sont les principaux émetteurs. Ces oxydes de carbone proviennent pour plus de la moitié du trafic automobile, le reste provient des installations fixes. Selon DETRIE "la teneur en oxyde de carbone des gaz d'échappement des automobiles peut être prise comme élément de pollution car l'émission des autres polluants lui est sensiblement proportionnelle. L'émission du monoxyde de carbone sera d'autant plus importante que le moteur fonctionne au ralenti. Selon les experts du **GIEC**³⁰, les émissions de gaz carbonique liées à l'activité humaine atteignent actuellement 6,8 milliards de tonnes par année. En 2100, elles pourraient atteindre 29 milliards de tonnes, si elles continuent à progresser au rythme actuel. À ce niveau, il est probable que des forêts entières mourraient sur pied à cause des changements climatiques.

Les trois contaminants gazeux (CO₂, SO₂, et NO₂), constituent les principaux polluants émis par l'échappement des véhicules. Ils sont, dans les pays comme les États Unis, la France ou l'Allemagne, responsables pour plus de la moitié du poids total des polluants émis dans l'atmosphère. Le dioxyde de carbone³¹ ainsi que d'autres gaz, présents à l'état naturel dans l'atmosphère, réchauffent la surface de la Terre. Ils captent une partie des infrarouges émis par notre planète en réaction au rayonnement solaire, et ont un effet bénéfique. Sans la présence de ces gaz dit à effet de serre, la température du globe chuterait à moins – 18° C. Mais l'utilisation généralisée d'énergies fossiles (charbon, carburants), et les déforestations massives ont augmenté de façon dramatique la quantité de CO₂ émis dans l'atmosphère terrestre. Résultat : la température moyenne ne cesse de s'élever, et atteint de plus en plus fréquemment des valeurs extrêmes.

I-6- EFFET DE LA POLLUTION DE L'AIR

La pollution ne correspond pas uniquement aux activités de l'homme. Les éruptions volcaniques projettent dans l'espace des poussières qui arrivent à diminuer l'irradiation solaire, et à réduire la visibilité sur des distances considérables.

Les vents de sable, d'Afrique du Nord entraînent des quantités extrêmement importantes de particules qui couvrent le ciel de l'Europe, les vents de pollens

³⁰ Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat

³¹ Depuis le début de la Révolution Industrielle, la quantité de dioxyde de carbone (un gaz à effet de serre qui joue un rôle essentiel dans le changement climatique) présente dans l'atmosphère s'est accrue de 31%. (<http://www.earthday.net/programs/international/francais/LeMonde.aspx>)

provenant de la forêt amazonienne peuvent atteindre le milieu de l'Atlantique. (DECAMPS.E, et TOUBON.P, 1998) [15]

La réduction de la visibilité a d'importantes conséquences pratiques parmi lesquelles, la perturbation apportée au trafic routier, aérien et naval, l'augmentation des accidents et la durée de l'éclairage artificiel. (RIAZANOV.V.A, 1971) [16] a montré que la visibilité, qui est de quatre kilomètres pour une concentration de suies de 0,03 mg/m³, tombe à un kilomètre quand la concentration de la suie s'élève à 1 mg/m³.

Quelque soit le règne, Végétal, Animal ou Humain, tous peuvent être affectés par la pollution de leurs biotopes directement ou indirectement au travers de la chaîne alimentaire et à divers degrés. La pollution de la biosphère engendre pour les vivants des dégradations sur la qualité de vie, quelque fois irréversibles, notamment pour l'homme avec des manifestations aussi graves que variées, entraînant des maladies handicapantes pour l'espèce. Si cette inconscience du non respect du milieu par l'homme persiste, c'est la survie du genre humain qui est menacé.

I-6-1- Effets de la pollution de l'air sur la santé des hommes

"L'air ce mélange gazeux, incolore, inodore et mobile, est gratuit et en abondance diront certains ; pourquoi s'en soucier ? Pourtant nous inspirons et nous expirons près de 14 kilogrammes par jour pour nous maintenir en vie, alors que nous absorbons qu'environ 1,4 kilogrammes de nourriture et environ deux kilogrammes d'eau. Il est donc nécessaire que l'on s'en préoccupe de la qualité de l'atmosphère"³².

La pollution de l'air provoque principalement des irritations des yeux, des problèmes de vision, et des difficultés pour respirer. La pollution de l'air peut aussi entraîner des douleurs de poitrine, et des toux. Les personnes les plus fragiles sont les jeunes enfants, les personnes âgées et les personnes sensibles (fumeurs, asthmatiques, malades du cœur ou des poumons). Dans les cas extrêmes, des risques de cancer sont possibles. En 1952, une forte pollution de l'air a entraîné la mort de 4 000 personnes à Londres (Angleterre).

Au regard de la réglementation, la qualité de l'air s'améliore, les valeurs limites de concentration des polluants (fixées notamment à l'échelle européenne) sont de moins en moins souvent dépassées. Ces limites ne sont, cependant, pas totalement

³² Prendre conscience de la pollution, Secrétariat d'État à l'Environnement.

efficaces pour protéger la santé des populations. En outre, il ne semble pas exister de seuil en deçà duquel aucun effet sur la santé n'est perceptible

La réflexion en termes de seuils conduit à penser que tout va bien lorsque les concentrations observées sont inférieures aux limites, explique Denis Zmirou, président de la société française de santé publique (SFSP), qui rappelle qu'à des niveaux inférieurs aux normes, les populations sensibles encourent toujours des risques. Plutôt que des seuils, il conviendrait d'évoquer un risque sanitaire acceptable, le risque nul n'existant pas. Un récent rapport de la SFSP établit la synthèse des études toxicologiques et épidémiologiques sur les relations entre pollution atmosphérique et santé. Elle dénonce en priorité trois polluants. D'abord, les particules fines, issues à 60 % des transports, et au sein de ce secteur, à 87 % des moteurs Diesel. En France, de 5 000 à 6 000 hospitalisations annuelles pour « épisodes respiratoires aigus » sont imputables à la pollution particulière d'origine automobile. Une étude américaine met en lumière divers effets observés en présence de concentrations inférieures aux valeurs de référence.

Après un pic de pollution, on constate une augmentation de 3,4 % des décès «respiratoires», de 1,4 % des décès « cardiovasculaires », de 3 % des crises d'asthme et de 0,8 % des hospitalisations, pour une affection respiratoire. Viennent ensuite les précurseurs d'ozone que sont les composés organiques volatils, le monoxyde de carbone (essentiellement d'origine automobile en zone urbaine) et les oxydes d'azote. Quant aux aldéhydes, ils sont probablement cancérigènes pour l'homme. Un projet de directive européenne, qui élargirait de six à treize polluants le champ de surveillance, n'y inclut pas ces substances. Or, l'introduction de composés oxygénés dans les carburants pourrait se traduire par une progression de leurs émissions.

I-6-2- Effets des polluants atmosphériques sur le bâti

Le SO₂ est l'agent le plus agressif, et le plus répandu dans la dégradation des constructions. Il provoque par sa transformation en acide sulfureux et sulfurique, et par sa réaction avec le carbonate de calcium des crépis, les revêtements de marbre, de la pierre calcaire, des dommages inestimables en particulier sur les sculptures extérieures des monuments célèbres. (MATEI.B et PASCU.U (1974) [17] *“Le SO₂ corrode les édifices et sulfate la pierre calcaire qui se*

désagrège. Des cratères apparaissent, se remplissent de poussière, des crevasses se développent. Les eaux de pluies deviennent plus ou moins dissolvantes par l'anhydride carbonique: le calcaire, le marbre, et même certains granits peuvent en souffrir". (DECAMPS.E et TOUBON.P, 1998) [18] L'Acropole d'Athènes est caractéristique. Les sculptures attaquées sont souvent remplacées par des copies.

La corrosion par le SO_2 s'exerce de façon massive sur certaines parties de la construction. Sur les toits métalliques, ses effets sont très rapides et vont jusqu'à la perforation dans les zones intensément polluées. Les mêmes effets se constatent sur les clôtures, les tuyaux, les constructions métalliques. Certaines conditions locales (présence de poussières, d'humidité, et de fumée) favorisent une corrosion même de l'aluminium, matériau non-ferreux le plus résistant à la corrosion. La dégradation des bâtiments paraît plus rapide depuis l'introduction de l'automobile et le développement des polluants. La pollution liée à la circulation automobile se mêle aux polluants de sources diverses, et aux agents atmosphériques pour attaquer les bâtiments. Il est assez difficile d'isoler l'action des polluants due à la circulation. On peut constater que depuis l'introduction de l'automobile, et le développement des polluants, comme les oxydes d'azote, la dégradation des bâtiments paraît plus rapide. Le noircissement des bâtiments par les particules de charbon, de suie, de poussières de ciments ou par différentes matières colorantes, nécessite nettoyage, arrosage et peinture plus fréquents, entraînant des dépenses supplémentaires.

Les salissures sont directement liées à la pollution. Les poussières entrent par les fenêtres dans les habitations et obligent à des nettoyages plus fréquents.

Les polluants agressifs de l'air dégradent les couleurs, surtout celles contenant des composés de plombs, du titane, et du zinc. Le goudron et les aérosols métalliques modifient l'aspect des constructions, donnent un aspect désagréable, et déterminent dans tous les cas une détérioration.

Sur les matériaux, la pollution de l'air peut se manifester sous diverses formes : corrosion par le dioxyde de soufre, noircissements et encroûtements des bâtiments par les poussières issues en grande partie de la combustion des produits pétroliers, altération diverses en association avec le gel, l'humidité, et les micro-organismes. L'acidité des pluies peut accélérer l'érosion naturelle de nombreux matériaux, notamment calcaires, ainsi que la corrosion de certains métaux (le plomb qui tient les vitraux). Les pierres calcaires tendre, certains marbres et tuffeaux y sont les plus sensibles.

Cela a d'abord été remarqué en Europe sur de nombreuses cathédrales dont la pierre s'est rapidement dégradée de la fin du 19^{ème} siècle aux années 1990, par exemple en Angleterre pour les cathédrales telles que York Minster et l'Abbaye de Westminster. De nombreux autres bâtiments et éléments construits du patrimoine mondial ont été attaqués ces dernières années par l'acidité de l'air, dont par exemple le Taj Mahal en Inde et le Colisée à Rome, surtout dans les régions industrielles.

I-6-3- Effets de la pollution de l'air sur la végétation

Pour les végétaux, l'air constitue un élément extrêmement mobile qui peut avoir des conséquences néfastes sur l'ensemble des essences plantées, lorsqu'il est pollué. "*Certains végétaux sont très sensibles à des polluants chimiques industriels agissant simultanément*". (Le Végétal et l'Architecture, 1985) [19]

La teneur en éléments nocifs de l'air (aérosols, embruns) a des répercussions très graves sur la physiologie des végétaux qui peuvent subir des dommages importants (nécroses foliaires) lorsque les seuils toxiques sont atteints. Aussi il est utile de savoir si les plantes, résistent à l'air chargé d'embruns, facteur de brûlures sur le feuillage (caractéristiques des zones très proches de la mer), ou à l'air pollué qui caractérise les zones de fortes activités industrielles ou à des pollutions ponctuelles ou globales.

"*Une modification de la composition de l'air par des éléments tels que le chlorure de sodium contenu dans les embruns est à apprécier selon le type de végétaux que l'on veut planter*". (Le Végétal et l'Architecture, 1985) [20] La salinité pose problèmes, mais de nombreuses plantes halophytes s'accoutument à des sols salins.

Les plantes sont exposées aux effets toxiques des polluants de l'atmosphère comme tous les autres êtres vivants. Les végétaux sont sensibles aux contaminants atmosphériques. Cette sensibilité des plantes est généralement plus grande à des moments spécifiques de développement comme l'éclosion des bourgeons, la pousse des feuilles, et la floraison. Les effets de la pollution atmosphérique sur les végétaux est fonction de la dose, de la fréquence et de la durée des expositions. C'est par les orifices minuscules ou stomates que l'on retrouve sur l'épiderme des feuilles et qui jouent un rôle essentiel dans la respiration, et dans la transformation des tissus végétaux; que les contaminants gazeux pénètrent dans les organes de la feuille, et causent des dommages à la végétation.

Ces nuisances se manifestent le plus souvent sous forme de chlorose, c'est à dire de décoloration des feuilles à la suite d'une réduction de la fonction chlorophyllienne, de nécrose ou destruction des cellules, et de malformation des végétaux, après que les fonctions vitales des végétaux (nutrition, croissance et reproduction) sont affectées. Le dioxyde de soufre, le fluorure d'hydrogène, et les oxydants sont les contaminants qui sont le plus souvent mis en cause. Le fluor par exemple affecte les mécanismes de la croissance des conifères, empêchant la régénération naturelle des forêts. Le dioxyde de soufre appelé aussi bioxyde de soufre ou anhydride sulfureux SO_2 , provoque des dégâts parfois importants aux arbres. Dans les zones même peu polluées, il a pour effet un vieillissement plus rapide des arbres.

Sur les végétaux il y a nécroses visibles en cas de fortes concentrations de polluants, et réduction de la croissance des plantes sans dommages visibles (par exemple baisse de la production agricole de céréales (blé) due à l'ozone, résistance amoindrie des plantes à certains agents infectieux. Le dépérissement des forêts que l'on observe depuis quelques années en Europe et en Amérique est associé tout au moins en partie, aux précipitations acides et à leurs effets sur la végétation causés directement par le contact de la pluie, ou indirectement par la modification de l'équilibre des sols provoquée par la perte des éléments nutritifs ou l'augmentation des métaux lourds.

Certaines plantes, surtout les mousses, les champignons et les lichens, servent fréquemment d'indicateur biologique de la pollution de l'air dans les milieux urbains à cause de leur sensibilité reconnue au dioxyde de soufre, et aux particules.

Les lichens, les mousses, et les champignons peuvent en accumuler des doses très élevées, de cadmium voire mortelles, de même que d'autres métaux lourds, faisant de ces espèces de bons indicateurs de l'état de pollution de l'environnement.

Le tableau n°2 dresse une liste d'espèces sensibles au dioxyde de soufre et au fluorure d'hydrogène. Parmi les plantes les plus sensibles, on retrouve la laitue, le tabac, la fève, l'avoine, la pomme de terre, le pin blanc et le frêne d'Amérique.

Les arbres ne sont pas directement détruits, mais les éléments nutritifs contenus dans le sol sont dissous et emportés par les pluies. Les pluies acides tuent aussi les micro-organismes, ce qui laisse un sol sale, sans nouveaux éléments nutritifs produits. Les feuilles sont endommagées (tâche noire ou marron), et ne peuvent plus pratiquer la photosynthèse. La défoliation prive l'arbre de sucre.

Certaines substances chimiques peuvent aussi être lentement libérées dans le sol et empoisonner les arbres. Leurs racines, essayant de survivre dans un sol rongé, peuvent aussi être directement attaquées par l'acide. Tout cela conduit à une diminution de la résistance de la flore, et donc à une augmentation de la mortalité lors d'épidémie, de conditions climatiques difficiles, etc. Les feuilles résistantes des résineux sont brûlées dans les zones les plus polluées. Les forêts montagneuses, baignant dans le brouillard et les nuages, reçoivent encore plus d'acide que les forêts de plaine, ces formes de pollutions étant d'ailleurs assez souvent plus acides que les dépôts secs.

Tableau n°2 : **Liste abrégée de quelques espèces végétales sensibles au dioxyde de soufre et au fluore d'hydrogène.**

Dioxyde de soufre		Fluorure d'hydrogene	
Plantes fourragères et céréalières			
Avoine		Orge	Luzerne
Blé		Seigle	Orge
Luzerne		Seigle	Mais
Luzerne		Trèfle	Trèfle
Plantes potagères			
Betterave	Épinard	Carotte	Framboisier
Brocoli	Haricot	Épinard	Laitue
Carotte	Laitue	Fraisier	Rhubarbe
Chou de Bruxelles	Navet		
Citrouille	Radis		
Gourge	Rhubarbe		
Fleurs de jardin			
Aster	Violette	Azalée	Pétunia
Pois de Senteur	Zinnia	Glaïeul	Tulipe
		Iris	
Plantes indigènes			
Amaranthe	Renouée liseron	Bleuet	Mélicot
Érigéron du Canada	Rumex crépu	Céraiste	Quenouille
Plantain		Digitaire	Verge d'or
Arbres			
Bouleau	Peuplier de Lombardie	Epinette Bleue	Peuplier
Mélèze	Pin blanc	Erable argenté	Faux tremble
Orme d'Amérique	Pommier	Erable negunbo	Pin blanc
Mugho		Mélèze	Pin

Source : Tableau repris de la brochure Prendre Conscience de la pollution

En Algérie, les enquêtes effectuées dans le complexe des engrais phosphatés et azotés (ASMIDAL), situé à environ 5km au sud-est de la ville de

Annaba, ont conduit à identifier des lésions sur des feuilles des arbres implantées. Ces lésions commencent à l'extrémité et s'étendent progressivement à tout le limbe sous forme d'une nécrose. Le tissu des feuilles prend une couleur ivoire, parfois tacheté de brun. Dans certains cas, les tissus nécrosés prennent une couleur brun rougeâtre, dans d'autres cas, ces lésions se localisent sur les bords des feuilles avec une fine ligne de démarcation entre le tissu sain et le tissu nécrosé.

1-6-4- Effets de la pollution sur la vie terrestre animale

Les effets sur la vie animale terrestre sont mal cernés faute d'études. Certains lacs scandinaves étaient dans les années 1980-1990 devenus si acides que les poissons et crustacés y disparaissaient. Certains ont fait l'objet de déversement de chaux pour tamponner leur pH. Les effets peuvent être directs par attaque de la peau, des cuticules, muqueuses et organes respiratoires par les polluants acides de l'air, ou par contact externe ou interne avec l'eau polluée. Des effets indirects, différés et en cascade sur les écosystèmes et le réseau trophiques existent, évidents par exemple quand des populations entières d'arbres meurent.

Les chlorures, fluorures et métaux lourds peuvent mieux circuler et s'accumuler dans le sol acidifié à des niveaux qui sont toxiques pour les invertébrés qui vivent dans la terre. Les espèces sensibles aux métaux sont substituées par ceux qui sont plus tolérants. Dans les sols acidifiés, les espèces aux corps mous tels que les vers de terre et les nématodes semblent être affectés plus facilement par les concentrations élevées en métaux. Les invertébrés jouent un rôle important dans la décomposition des détritiques sur le sol des forêts. Or, pendant que les détritiques s'y accumulent, la libération des éléments minéraux est retardée et la disponibilité des éléments nutritifs aux plantes est réduite. Les herbivores sont finalement affectés quand la quantité ou la qualité de leur approvisionnement alimentaire diminue. Les oiseaux et les mammifères ne sont pas directement affectés par l'acidification de l'eau, ils y sont indirectement par des changements dans la qualité et la quantité de leurs ressources en nourriture. Le calcium élément essentiel pour les mammifères (besoin pour le développement squelettique de leurs fœtus), et les oiseaux (formation des coquilles d'œufs), manque beaucoup dans les sols acides. Pour beaucoup d'espèces invertébrées, qui contiennent des concentrations élevées de calcium, telles que les mollusques et les crustacés, ils sont parmi les premiers à disparaître pendant l'acidification des terres marécageuses.

I-6-5- Effets de la pollution de l'air à l'échelle de la région

Le principal effet des polluants atmosphériques à cette échelle est leur contribution aux phénomènes de pluies acides³³, qui en liaison avec d'autres facteurs (sécheresse, parasites...), entraînent le dépérissement des forêts (photo n°1), et la dégradation des sols. Dioxyde de soufre (formation d'acide sulfurique) et oxydes d'azote (formation d'acide nitrique), sont liés directement à la formation des pluies acides tandis que l'ozone altère la physiologie des arbres forestiers.

Les pluies acides sont des précipitations (pluie, neige, brouillard...) qui se sont acidifiées au contact du dioxyde de soufre et de l'oxyde d'azote contenus dans l'atmosphère et émis surtout par les usines, et les voitures. Elles peuvent tomber à des centaines de kilomètres du lieu d'émission des polluants. Elles affectent gravement les écosystèmes et certains matériaux utilisés dans les bâtiments.

Photo n°1 : Une forêt dévastée par les pluies acides, en République tchèque



Source : Encarta 2007

Les pluies acides provoquent l'acidification des sols et des eaux douces, la dégradation des forêts, et la corrosion des façades et des sculptures des monuments anciens. Leur impact nocif a été constaté en 1853 à Manchester où le problème se posait localement. Mais dans les années 1970 / 1980, il s'étendait en Europe, et en Amérique du Nord. La législation internationale a, depuis, contraint les industriels à réduire leurs émissions de dioxyde de soufre, et dans une moindre mesure d'oxyde d'azote. L'équipement des automobiles en pots catalytiques a notamment contribué à leur diminution. Mais certains pays émergents comme la Chine, qui utilisent le charbon comme source d'énergie principale, voient leurs émissions augmenter. L'appellation « pluie acide » a été pour la première fois utilisée par Robert Angus Smith³⁴ en 1870. (http://fr.wikipedia.org/wiki/pluie_acide)

³³ L'acidification de l'air a des conséquences médiatisées sur la forêt, mais elle affecte aussi notre santé, les bâtiments et peut-être néfaste pour de nombreuses espèces animales. L'acidité des lacs empêche le développement normal des espèces et des végétaux qu'ils abritent. La flore est affaiblie, résiste moins bien aux maladies et aux hivers rigoureux. Les sols acidifiés empoisonnent les arbres, les affaiblissent, et peuvent les tuer dans les cas graves. La base de la chaîne alimentaire est également touchée, ainsi que tous les animaux qui en dépendent. Les oiseaux et mammifères aquatiques sont en particulier touchés.

L'expression pluies acides est employée à propos de ses impacts sur la ville industrielle de Manchester et de ses alentours. On parle de pluies acides lorsque leur pH est inférieur à 5,6. Les "pluies sèches" (retombées solides d'aérosols) pouvant être encore plus dangereuses et produire des acides forts en se combinant par exemple avec la rosée. Les pluies normales ont un pH de 5,6. Les précipitations météoritiques acides (pluie, neige, brumes et brouillards, grêle, rosée, smogs et aérosols, etc.), dégradent, et détruisent des écosystèmes et certains bâtiments anciens fragiles.

Les pluies acides résultent de la dispersion dans l'atmosphère des polluants comme le dioxyde de soufre (SO₂) et les oxydes d'azote (NO_x, x étant 1 pour le monoxyde d'azote et 2 pour le dioxyde d'azote) et moindrement le CO₂, et plus rarement des acides tels que l'acide fluorhydrique utilisé par exemple dans les verreries. Ces gaz proviennent essentiellement de la combustion de matière fossile par l'Homme, mais aussi des éruptions volcaniques, la foudre, la décomposition biologique, les océans, les feux de forêts... Les usines, le chauffage, et la circulation automobile en sont les sources principales. Le premier exemple démontrant le transport de composés chimiques polluants à l'échelle planétaire fut la découverte, dès la fin des années 1960, d'une contamination des neiges tombant sur l'Antarctique par le D.D.T .

I-7- SURVEILLANCE DE LA QUALITÉ DE L'AIR : SOUCI ENVIRONNEMENTAL ET SANITAIRE

En France, les premières lois visant à organiser la lutte contre la pollution datent de 1961 (eaux) et de 1964 (air). La création d'un ministère de l'Environnement est intervenue en 1971. Il dispose d'un Fond d'intervention pour la qualité de la vie (F.I.Q.V.) et de crédits budgétaires mis en place par l'administration centrale ou par l'agence A.D.E.M.E. (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) créée en 1993. Conformément à la loi sur l'air du 30 décembre 1996, AIRPARIF, est l'organisme agréé par le ministère de l'environnement pour la surveillance de la qualité de l'air en Ile-de-France. Ses missions répondent à une exigence réglementaire et se déclinent en 4 fonctions : Surveiller la qualité de l'air, Prévoir les épisodes de pollution, Evaluer l'impact des mesures de réduction des

³⁴*"Dès 1853, le chimiste anglais Smith a mis en évidence les pluies acides qui sur la ville de Manchester, étaient à l'origine de phénomène de corrosion, d'atteinte des végétaux. Il faudra attendre les années 1960 pour que le suédois Svante Odin mette en évidence, à l'échelle de la Scandinavie, l'origine transfrontalière des pluies acides". (Serge S. A, 1993) [12]*

émissions, Informer les autorités et les citoyens (au quotidien, lors d'un épisode de pollution). AIRPARIF doit mesurer en permanence la qualité de l'air et contribuer à l'évaluation des risques sanitaires, et des effets sur l'environnement et le bâti. Il doit travailler à la prévision des épisodes de pollution d'une part pour que des mesures de réduction des émissions et de limitation de l'exposition des personnes les plus sensibles puissent être prises à temps pour être efficaces. Il doit d'autre part développer des outils de modélisation pour permettre d'estimer objectivement l'efficacité d'une action envisagée vis à vis de la qualité de l'air. Il doit enfin assurer, au quotidien ou en cas d'épisode de pollution, l'information du public, des autorités et des chercheurs en leur permettant l'accès à ses données.

En France, depuis le 30 décembre 1996, l'adoption de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie reconnaît à chaque citoyen, le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé et d'en connaître la qualité. Cette loi est à l'origine de trois plans régionaux : le plan régional pour la qualité de l'air présenté en 1999 (PRQA) et consultable sur le site de la DRIRE Ile-de-France, le plan de protection de l'atmosphère (PPA), le plan de déplacement urbain (PDU) présenté en 1999³⁵.

Dans les pays européens, la qualité de l'air est surveillée par de nombreuses stations implantées à proximité des parcs, des jardins, des cours d'écoles. L'air est contrôlé plusieurs fois par jour dans les villes de plus de 100 000 habitants. Les concentrations de quatre polluants sont surveillées : le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, l'ozone et les particules en suspension. La qualité de l'air est définie par un indice appelé indice ATMO.

Cet indice varie de 1 (très bonne qualité de l'air) à 10 (très mauvaise qualité de l'air). Des appareils indiquent sur une échelle d'indice mobile allant de un jusqu'à dix, la qualité de l'air respiré au quotidien. (T.S.M, 1996) [21]

Il existe deux niveaux d'urgence. Au premier niveau, dit « d'information et de recommandation », il faut prévenir la population. Au second niveau, dit « d'alerte », il faut réduire les activités humaines responsables de la pollution (réductions des limitations de vitesse et de la circulation routière, ralentissement ou arrêt des industries polluante).

³⁵ [www.ile de France dre.gouv.fr//environnement/prpq.htm](http://www.iledeFrance.drire.gouv.fr/environnement/prpq.htm)

Ces normes, souvent révisées, sont généralement inspirées par Bruxelles. Ainsi, la directive du 20 mars 1985 sur la teneur en plomb dans l'essence, à l'origine du développement de l'essence sans plomb, et la directive du 3 décembre 1987 permettent d'imposer des pots d'échappement catalytiques sur certains véhicules. Ces normes portent, d'une part sur le milieu (normes de qualité de l'air, assorties de réseaux de surveillance et d'alerte dans les zones sensibles) ; d'autre part sur les sources de pollution (normes de fabrication et d'émission, pour les installations fixes, et les véhicules, quel qu'en soit le carburant).

Après l'établissement de normes du milieu ambiant, contrôlées par un réseau de surveillance très développé, la réglementation américaine s'est orientée vers l'adoption de normes d'émission ou de la meilleure technologie de contrôle disponible. Les résultats obtenus sont considérables en ce qui concerne la pollution de l'air par les oxydes de soufre en milieu urbain. Des progrès restent à faire pour ce qui est des oxydes et des oxydants photochimiques, en particulier dans les agglomérations (à Los Angeles, notamment), sujettes au phénomène de l'inversion atmosphérique qui, dans certaines conditions, fait obstacle à la diffusion de l'air pollué. L'introduction de pots d'échappement catalytiques sur les voitures a été rendue obligatoire à partir de 1979. Cependant, on estime que 40% des automobilistes continuent à utiliser du carburant contenant du plomb.

I-8- LES SOLUTIONS POUR RÉDUIRE LA POLLUTION DE L'AIR

Les solutions envisagées pour réduire la pollution de l'air sont:

- la réduction des transports et surtout des déplacements en voiture
- l'utilisation de systèmes complexes qui limitent la pollution atmosphérique, comme les pots catalytiques pour les voitures qui sont obligatoires en Europe depuis 1993,
- l'utilisation des filtres atmosphériques pour les cheminées d'usines, etc.
- le développement des énergies renouvelables dites « propres », comme l'énergie du Soleil (énergie solaire), du vent (énergie éolienne), des marées (énergie marémotrice), ...
- le développement de l'énergie nucléaire, mais cette source d'énergie pose d'autres problèmes d'environnement (gestion des déchets nucléaires), ainsi que des problèmes géopolitiques (armes nucléaires) ;

- la poursuite des recherches sur l'énergie thermonucléaire, qui consiste à reproduire sur Terre les réactions qui se produisent au cœur des étoiles.
- Bien qu'il existe des projets pour la diminution des émissions de méthane, par exemple en modifiant la nutrition des bovins, les principaux programmes s'attaquent au dioxyde de carbone. La durée de vie dans l'atmosphère des gaz à effet de serre varie énormément : douze ans pour le méthane, une centaine d'années pour le gaz carbonique (50 à 200 ans) et... 50 000 ans pour l'hexafluorure de soufre.

Le gaz carbonique produit aujourd'hui fera encore effet dans un siècle. Le pouvoir de réchauffement de ces gaz n'est pas le même. Un kilogramme de méthane produit autant d'effet de serre que vingt-et-un kilogrammes de gaz carbonique, et un kilogramme d'hexafluorure de soufre autant que vingt-quatre mille kilogrammes de gaz carbonique. En définitive, des gaz émis en très petite quantité peuvent fortement contribuer à l'accroissement de l'effet de serre.

- Un des moyens les plus évidents pour diminuer les rejets de dioxyde de carbone est d'utiliser moins d'énergie. La lutte contre le gaspillage d'énergie permettra non seulement d'économiser nos ressources et notre argent, mais aussi de ralentir notre émission de dioxyde de carbone.
- On peut aussi augmenter l'efficacité au point de consommation. Par exemple, les ampoules halogènes consomment nettement moins d'énergie pour produire la même quantité de lumière, les machines à laver Staber à axe horizontal utilisent moins d'eau et trois fois moins d'énergie que les laveuses traditionnelles, etc.
- L'utilisation des transports en commun permet également de produire moins de gaz à effet de serre que lorsque chaque voyageur utilise son propre véhicule.
- Il est également primordial de se tourner vers des techniques de production d'énergie à haut rendement ou d'augmenter le rendement des techniques existantes. Les technologies telles que la production combinée de chaleur et d'électricité par les centrales conventionnelles ont fait leurs preuves et permettent d'atteindre des taux d'efficacité de 86%.
- Les carburants alternatifs qui produisent peu ou pas de dioxyde de carbone pourraient permettre de limiter les émissions des transports. Le remplacement

du pétrole par le gaz naturel ou l'hydrogène est actuellement à l'essai dans plusieurs pays.

- Les énergies renouvelables pourraient nous permettre de limiter notre dépendance envers la combustion du pétrole, et par conséquent de produire moins de gaz à effet de serre.
- L'hydro-électricité, l'énergie éolienne, les énergies solaires actives et passives et la biomasse sont les sources d'énergie renouvelables les plus répandues.

Ces sources sont considérées comme rentables et matures d'un point de vue commercial. L'énergie nucléaire peut aussi être utilisée comme alternative aux combustibles fossiles. En 1990, 17% de l'électricité produite dans le monde provenait de centrales nucléaires. Cependant, le problème du stockage des déchets radioactifs et la réaction de l'opinion publique face à l'implantation de nouvelles centrales rendent l'expansion de la production nucléaire peu probable.

Ces actions ne seront réellement efficaces que si nous parvenons à stabiliser la population mondiale. Il paraît clair que plus le nombre d'êtres humains augmentera sur la planète, plus nos besoins en énergie augmenteront.

Conclusion

La pollution atmosphérique ou fléau des temps modernes, inquiète et déstabilise l'équilibre naturel des écosystèmes, où tous les éléments qui le composent (vivants ou inertes), vivent en symbiose sur la planète. L'importance du problème de la pollution se fait sentir aujourd'hui dans tous les pays et particulièrement dans ceux à grand développement industriel, comme les États-Unis, la Grande Bretagne, le Japon, l'Allemagne, etc.

Problème sanitaire, problème environnemental, problème planétaire, la pollution atmosphérique cause des problèmes sérieux dans les régions urbaines ou à proximité des grandes sources ponctuelles d'émissions.

L'intérêt porté à la pollution de l'air en tant que domaine qui préoccupe non seulement les scientifiques et les chercheurs, a pris de l'importance dans beaucoup de pays, en appliquant une réglementation antipollution, et des mesures plus rigoureuses de prévoyance, et de lutte contre les impuretés de l'air.

CHAPITRE II : MODIFICATIONS CLIMATIQUES ET POLLUTION

"L'augmentation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère, et des autres gaz, pourra en accentuant l'effet de serre, provoquer d'importants changements climatiques qui modifieront les écosystèmes". (BISSON.M, 1986) [22]

Introduction

Alors que l'environnement se dégrade de façon alarmante, on ne cesse depuis longtemps, de parler de la mise en place d'un développement durable auquel l'humanité toute entière a fondamentalement droit à travers une vie saine et productive en harmonie avec la nature.

La présence supplémentaire des gaz générés par les activités de l'homme, et par l'utilisation généralisée des énergies fossiles (charbon, carburants), et les déforestations massives par les incendies, a augmenté de façon dramatique la quantité de CO₂ émis dans l'atmosphère terrestre.

II-1- LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les changements climatiques c'est à la fois l'émergence du signal du réchauffement, et l'augmentation de la présence des gaz à effet de serre.

La Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques, adoptée à New York le 9 mai 1992 fut signée par 166 pays. Bien qu'elle soit entrée en vigueur en mars 1994, elle reste ouverte aux nouvelles signatures. Au terme de cette convention, les signataires se sont engagés à ramener les émissions de dioxyde de carbone de l'an 2000 au niveau de 1990. Cet objectif fut atteint par l'Union Européenne mais de nombreux pays industrialisés, dont les États-Unis, échouèrent.

Les signataires s'accordèrent sur la nécessité d'un protocole qui régirait les émissions de gaz à effet de serre après l'an 2000, lors de la conférence de Berlin en 1995. En décembre 1997, le protocole de Kyoto³⁶ fut adopté, et s'attaque aux émissions de 6 gaz à effet de serre : le dioxyde de carbone, le méthane, les oxydes d'azote, les HFCs (hydrofluorocarbones ou gaz fluorés), les PFCs (hydrocarbures perfluorés).et l'hexafluorure de soufre.

³⁶ Le changement climatique est un problème environnemental à dimension mondiale qui nécessite, une coordination internationale forte des actions pour être efficace (Convention de Rio, Protocole de Kyoto)

A l'origine, les participants avaient jusqu'à 2012 pour diminuer leurs émissions de 5,2% en dessous du niveau de 1990. Les pays sous-développés disposent d'une période de grâce durant laquelle ils ne sont pas tenus de diminuer leurs émissions. C'est seulement en 1995, dans le deuxième rapport du GIEC que les climatologues commencent à parler de l'émergence du signal de réchauffement.

Les mesures de l'augmentation de la présence des gaz à effet de serre effectuées, ont bien montré la réalité de cette augmentation. Ces mesures ont résulté tant de l'analyse de bois fossiles que des carottes glaciaires ou des observations effectuées *in situ* à partir de 1958.

Au-delà des causes naturelles (variations du rayonnement solaire, injection et disparition des voiles d'aérosols liées aux éruptions volcaniques, fluctuations naturelles des gaz à effet de serre...), la présence accrue de gaz à effet de serre due aux émissions qui résulte de l'action humaines (anthropiques), renforce mécaniquement l'effet de serre.

Le réchauffement de la planète causé par l'augmentation de l'effet de serre, sera bien plus rapide que les glaciations. Il est donc très important de s'intéresser à ce problème, et de se préparer aux différentes éventualités qui peuvent se produire. Les changements climatiques modifieront les écosystèmes. Les espèces qui ne pourront pas s'adapter, ou migrer dans des zones plus favorables, risquent de disparaître.

II-2-LES CONSEQUENCES DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE

Le réchauffement de la planète risque de diminuer les précipitations, particulièrement durant la saison estivale, ce qui aura un effet négatif sur les plantes³⁷ qui mourront. Les disparitions d'espèces seront d'autant plus fréquentes si le changement climatique se produit brutalement. La taille de certains écosystèmes va probablement diminuer, voir disparaître.

La diminution des précipitations, et le réchauffement du climat seront particulièrement néfastes pour les pays chauds. L'agriculture, et l'élevage y seront

³⁷ L'augmentation du taux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère aura des conséquences positives pour les végétaux. Les plantes pourront plus facilement faire la photosynthèse, et seront donc plus productives. Par contre, le réchauffement de la planète risque de diminuer les précipitations, particulièrement durant la saison estivale, ce qui aura l'effet inverse.

moins productifs, surtout dans les pays sous-développés qui ne pourront pas investir dans l'irrigation et les biotechnologies.

On prévoit par exemple que les neiges " éternelles " du Kilimandjaro disparaîtront d'ici 2020 (photos n°13, 14 et 15, p 71). Les régions côtières, et les îles risquent d'être submergées lors de l'élévation du niveau de la mer. Des villes côtières, dont certaines sont considérées comme faisant partie du patrimoine de l'humanité (Venise, par exemple), risquent d'être englouties ou gravement endommagées. Dans les régions où il ne sera pas possible d'installer des digues protectrices, des populations entières devront être relocalisées

La fonte des glaciers, et la dilatation de l'eau de la surface des océans provoqueront une augmentation du niveau des mers, et du débit de certains cours d'eau, ce qui inondera des zones qui étaient jusqu'ici à l'abri des inondations. Les régions côtières, et les îles risquent d'être submergées lors de l'élévation du niveau de la mer.

Les zones côtières, souvent très riches en biodiversité, seront inondées. Des villes côtières, dont certaines sont considérées comme faisant partie du patrimoine de l'humanité, risquent d'être englouties ou gravement endommagées.

La plupart des zones du globe vont se réchauffer mais il est également possible que certaines zones se refroidissent. Les phénomènes climatiques extrêmes (sécheresses, glissements de terrains, inondations,...) deviendront plus fréquents dans les zones habitées. L'élévation des températures va permettre à certaines maladies infectieuses et parasitaires endémiques de s'étendre. Le paludisme, jusqu'ici limité aux régions tropicales, risque de s'étendre aux latitudes moyennes. Cette maladie, causée par un parasite hématozoaire du genre plasmodium, tue annuellement 1,5 à 3 millions de personnes.

De l'avis de nombreux chercheurs, les moustiques anophèles qui transportent la maladie se développent beaucoup plus rapidement lorsque la température se situe entre 20°C et 35°C. La zone endémique du paludisme pourrait s'étendre au Maghreb, en Turquie et au Moyen Orient, ainsi qu'en Afrique du Sud, au Yucatan (Mexique), en Chine et au Brésil. La maladie pourrait également atteindre des altitudes plus élevées.

En 1990, 45% de l'humanité vivait dans la zone endémique du paludisme. Si on conjugue le réchauffement de la planète, et l'accroissement démographique, il se pourrait que 60% de la population humaine soit touchée d'ici 2050. L'absence d'hiver

rigoureux risque également de permettre aux parasites, et aux insectes nuisibles de survivre. Les agriculteurs devront augmenter leur utilisation de pesticides qui augmenteront les coûts de production, et pollueront notre environnement.

II-3- AUGMENTATION DES TAUX DE CONCENTRATION DES GAZ À EFFET DE SERRE : LE CRI D'ALARME DES SCIENTIFIQUES

Les rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère ont augmenté de plus de 50% entre 1870 et 2004 pour le dioxyde de carbone CO₂. Cette augmentation est due au développement des activités humaines. Les Etats-Unis, sont aujourd'hui le principal émetteur de CO₂ de la planète avec la Chine.

Pas toujours facile d'identifier les sources de pollution ni d'estimer leurs effets respectifs, les gaz rejetés dans l'atmosphère en quantité importante, affecte la qualité de l'air, et conduit à l'emprisonnement de plus d'énergie, augmentant ainsi l'effet de serre naturel, et par conséquent le réchauffement de la planète préjudiciable à l'environnement. Certains experts prévoient avec l'augmentation de la température de 1 à 6°C des scénarios catastrophiques d'ici moins de cents ans : décès dus à la chaleur, développement de maladies "malaria" dans les zones actuellement saines, diminution des ressources en eau, en aliments, montée du niveau de la mer par fonte de la calotte glaciaire. Certaines villes côtières seraient alors inondées, tout comme seraient submergées certaines régions du monde comme les îles Maldives ou les plaines agraires du Bangladesh. La majorité des écosystèmes fragiles seraient en danger. Les migrations de populations dues aux sécheresses, et aux inondations prendraient une proportion alarmante. La taille de certains écosystèmes va probablement diminuer, voir disparaître. Les espèces qui ne pourront pas s'adapter, ou migrer dans des zones plus favorables, risquent de cesser d'exister. *"Chercheurs et scientifiques prédisent que l'augmentation prévue de la concentration atmosphérique de CO₂ d'ici l'an 2050 provoquera un réchauffement mondial de 3°C. L'augmentation probable de la température moyenne à la surface de la Terre serait de 2 °C à 5 °C en un siècle. Les conséquences d'un tel réchauffement pourraient entraîner d'importantes modifications".* (BISSON.M, 1986) [23]

On a calculé, d'après les quantités de pétrole, de charbon, et autres combustibles consommés dans le monde, que 5,5 milliards de tonnes de CO₂ étaient libérées dans l'air, chaque année. Or, les calculs de concentration du carbone

atmosphérique, effectués par les nombreuses stations de mesures disséminées un peu partout dans le monde, font état d'une augmentation qui se situe autour de 3,2 milliards de tonnes seulement. Où est donc passée cette différence ? Certains chercheurs pensent qu'elle pourrait bien avoir été subtilisée par les océans. L'hydrosphère constituée par les océans et les glaciers, jouerait alors un rôle bien plus important dans le cycle du carbone qu'on ne le soupçonnait jusqu'ici. D'autres experts moins alarmistes pensent que la Terre a toujours connu des variations de température.

Les scientifiques ne peuvent pas prévoir avec certitude et précision les effets de l'augmentation de la quantité de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Le GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat) prédit notamment une hausse de 1,1 à 6,4°C de la température moyenne planétaire d'ici à 2100, très probablement à cause de l'homme. " *La crise du climat n'est pas un sujet politique, c'est un défi moral et spirituel pour l'ensemble de l'humanité*". (AIGORE, 2007) [24]

II-4- LE PRINCIPE DE L'EFFET DE SERRE

La mince couche constituée par l'atmosphère et à l'intérieur de laquelle s'élabore le climat de la planète joue un rôle actif dans la quantité de chaleur reçue du Soleil et conservée par la Terre, et son atmosphère.

En effet, une grande partie des rayons du Soleil traverse l'atmosphère, 30% étant réfléchis vers l'espace, principalement par les nuages, les molécules de l'air, et les surfaces claires (neiges, glaces, déserts). Les 70 % absorbés, en partie par l'humidité de la basse atmosphère mais principalement par la surface (50 %), sont convertis en chaleur. Les températures à la surface dépendent des conditions d'évacuation de cette chaleur vers l'espace sous forme de rayonnement infrarouge.

Alors qu'une fraction importante des rayons provenant du Soleil traverse l'atmosphère, seule une petite partie de ceux renvoyés vers l'espace sous forme de rayons infrarouges quittent l'atmosphère sans entrave ; du fait de la présence de gaz, dits à effet de serre, dans l'atmosphère, la plus grande partie du rayonnement infrarouge y est absorbée et réémise de nombreuses fois, recyclée en quelque sorte, contribuant ainsi au réchauffement atmosphérique. C'est ce que l'on désigne par

l'expression "effet de serre". Le dioxyde de carbone³⁸ ainsi que d'autres gaz, présents à l'état naturel dans l'atmosphère, participent à l'effet de serre, et réchauffent la surface de la Terre. En captant une partie des infrarouges émis par notre planète en réaction au rayonnement solaire, les gaz à effet de serre ont un effet bénéfique : sans cette "couverture", la température du globe chuterait à -18°C .

On appelle effet de serre, à l'échelle planétaire, la rétention par l'atmosphère de l'énergie calorifique envoyée au sol par le Soleil. Pour schématiser : l'atmosphère, et les gaz à effet de serre se comportent comme la vitre qui maintient la chaleur à l'intérieur de la serre d'un jardinier.

Le Soleil émet en permanence un rayonnement (mélange de lumière visible, d'infrarouges et d'ultraviolets³⁹) qui se propage dans l'espace. Une partie de ce rayonnement solaire qui traverse l'atmosphère terrestre est absorbée par la surface de la Terre. Les radiations de courte longueur d'onde ne sont pas absorbées par les gaz atmosphériques, elles pénètrent donc jusqu'à la surface terrestre en élevant sa température. Mais les rayonnements de grande longueur d'onde, émis par le sol, sont absorbés par la vapeur d'eau et le gaz carbonique et renvoyés ensuite à la Terre. La Terre émet en retour un rayonnement infrarouge⁴⁰ (de la chaleur) en direction de l'espace. Une partie de ce rayonnement infrarouge est renvoyée en direction de la surface terrestre par certains gaz de l'atmosphère appelés « gaz à effet de serre ».

Les gaz à effet de serre piègent le rayonnement émis par la terre (infrarouge) dont une partie est réémise en direction du sol contribuant ainsi au réchauffement des basses couches de l'atmosphère. L'atmosphère agit exactement comme les vitres d'une serre, lesquelles sont transparentes aux radiations visibles, et à l'ultraviolet, mais arrêtent l'infrarouge diffusé par le sol.

³⁸ Les émissions de plus en plus forte de CO₂ dans l'atmosphère par la faute des activités industrielles de l'homme qui brûle des quantités considérables de produits carbonés, menace de créer un réchauffement de la planète qui pourrait conduire à terme à une véritable catastrophe climatique. Les premiers signes de ce bouleversement thermochimique sont déjà apparents.

³⁹ Les ultraviolets ralentissent le processus de la photosynthèse, affectent la croissance du phytoplancton dans les océans et semblent, au moins en partie, responsables de phénomènes restés longtemps mystérieux comme la disparition progressive sur toute la Terre des amphibiens (crapauds, grenouilles, salamandres). Chez l'homme, les actions les plus évidentes des rayons ultraviolets sont l'augmentation du nombre de cancers de la peau et des cataractes, ainsi que la baisse d'activité du système immunitaire qui intervient en particulier dans la lutte contre les maladies infectieuses. L'exposition à des doses de rayons ultraviolets plus importantes que la normale entraîne des conséquences néfastes pour les animaux et les végétaux.

⁴⁰ La plupart des rayons infrarouges émis par la terre sont absorbés par le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau présents dans l'atmosphère. Une partie importante de ces rayonnements infrarouges est restituée à la surface de la terre.

"Dans le cadre de la lutte contre l'effet de serre, la France a pris la décision dès 1998, de planter 30.000 hectares d'arbres par an pour absorber le CO₂ par synthèse chlorophyllienne". (DECAMPS.E, et TOUBON.P, (1998) [25]

II-5- LES PRINCIPAUX GAZ A EFFET DE SERRE

Si notre planète n'avait pas d'atmosphère, la température moyenne à la surface serait proche de -18°C. La majeure partie de l'énergie que nous recevons du soleil serait immédiatement renvoyée dans l'espace. En réalité, la température moyenne à la surface du globe est d'environ 15°C. Cette différence de 33°C vient du fait que certains gaz présents dans l'atmosphère retiennent une partie des rayons infrarouges que la terre renvoie vers l'espace. C'est ce que l'on désigne par "expression effet de serre".

L'atmosphère, c'est surtout de l'oxygène, et de l'azote. Ces deux gaz laissent passer les rayonnements, visibles et infrarouges. D'autres gaz laissent passer le visible, mais absorbent une partie des infrarouges⁴¹, et les soustraient ainsi au rayonnement terrestre repartant dans l'espace. Ce sont les gaz à effet de serre, responsables de l'effet de serre. Certains d'entre eux sont naturellement présents dans l'air comme la vapeur d'eau, le gaz carbonique, le méthane, le protoxyde d'azote. Les activités humaines produisent de plus en plus ces trois derniers gaz (CO₂, CH₄, N₂O). Leur concentration dans l'atmosphère augmente. D'autres gaz sont uniquement issus de nos activités industrielles (hydrofluorocarbones ou gaz fluorés, hexafluorure de soufre, hydrocarbures perfluorés). Leur participation à l'effet de serre est récente.

La liste des gaz à effet de serre non générés exclusivement par l'homme comprend la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane, le protoxyde d'azote, l'oxyde d'azote, et l'ozone. Celle des gaz à effet de serre générés exclusivement par l'homme comprend les gaz ci-dessus, mais elle est bien plus longue.

L'effet de serre n'est pas simplement un phénomène d'origine anthropique, mais un phénomène naturel qui a grandement facilité le développement de la vie sur la

⁴¹ Tous les gaz qui absorbent les rayonnements dans l'infrarouge thermique sont potentiellement des gaz à effet de serre. CO₂ : dioxyde de carbone, N₂O : protoxyde d'azote, CH₄ : méthane, PFC : perfluorocarbones, HFC : hydrofluorocarbones, SF₆ : hexafluorure de soufre. *D'après un nouvel indice publié, par l'Agence fédérale américaine océanographique et atmosphérique " Les gaz à effet de serre, dont le dioxyde de carbone (CO₂), ont augmenté de 20 % entre 1990 et 2004 sur la planète. (NOAA, 2007) [26]*

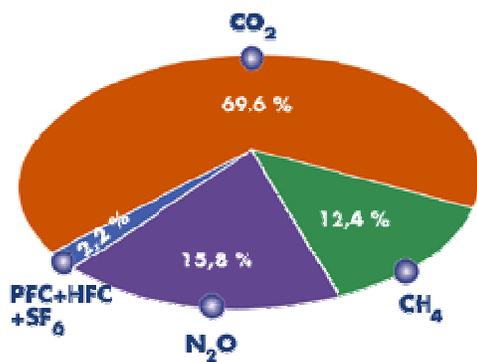
planète. Cependant, depuis la révolution industrielle, l'activité humaine produit de plus en plus de gaz à effet de serre. La vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane et les oxydes d'azote, sont les principaux vecteurs de l'augmentation de l'effet de serre, et donc du réchauffement de la planète.

Les principaux gaz responsables de l'effet de serre contenus dans l'atmosphère sont l'eau, et le dioxyde de carbone. Ce dernier est produit naturellement par les feux de forêts, la consommation des énergies fossiles, et par la respiration des êtres vivants.

Depuis plus d'une cinquantaine d'années, les activités humaines produisent en abondance des dioxydes de carbone lors des combustions réalisées dans les moyens de transport, les installations de chauffage ou industrielles. Les activités humaines semblent conduire à une augmentation de la proportion de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, et donc, à plus ou moins long terme, à un réchauffement de la Terre.

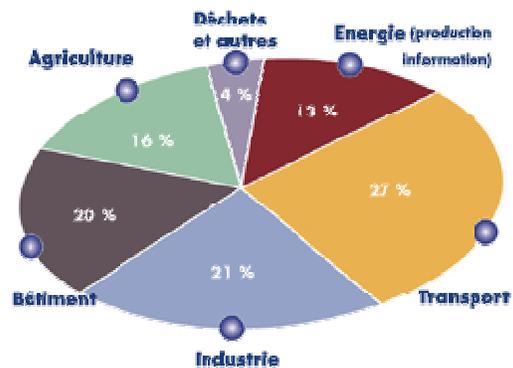
Sur la figure n°2, l'on peut remarquer l'importante en pourcentage du dioxyde de carbone comme gaz qui contribue le plus au renforcement de l'effet de serre. Le phénomène est identique à tous les pays fortement industrialisés, et pays en voie de développement. Sur la figure n°3, les principaux secteurs qui augmentent l'effet de serre sont le transport, l'industrie, et l'agriculture.

Fig n° 2 : Les gaz contribuant au renforcement de l'effet de serre en France



Source : Citepa 2000 pour la France

Fig n°3 : Les activités humaines participant aux émissions de gaz à effet en France



Source : Citepa 2000 pour la France

II-5-1- La vapeur d'eau : un gaz à effet de serre de courte résidence dans l'atmosphère

Assez souvent, dans l'énumération des gaz à effet de serre, la vapeur d'eau est oubliée, alors qu'il s'agit du premier gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Elle représenterait les deux-tiers, voire 70% de l'effet de serre total. Il a été rappelé que la vapeur d'eau est le principal gaz à effet de serre dans l'atmosphère. S'il est vrai, par ailleurs, que lorsqu'on brûle des hydrocarbures, on produit de la vapeur d'eau en même temps (et en quantité comparable) que du CO₂, cependant, ces émissions de vapeur d'eau n'ont que des effets locaux (formation de brouillards, de nuages bas...), car le temps de résidence de la vapeur d'eau dans l'atmosphère ne dépasse pas la dizaine de jours.

En revanche, les temps de résidence atmosphérique sont beaucoup plus longs pour le CO₂ (un siècle ou plus) et le méthane (quelques années), que pour l'eau., et les rapports des flux anthropiques aux flux naturels sont bien plus importants. Dans la mesure où un réchauffement a tendance à augmenter la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère, les émissions anthropiques de gaz à effet de serre à vie longue tendent à générer un surplus de vapeur d'eau. Cela agit alors en boucle de rétroaction positive, amplifiant le réchauffement.

II-5-2- Le dioxyde de carbone (CO₂) : un gaz à effet de serre qui s'est largement intensifié depuis l'ère industrielle

L'intensification de l'effet de serre due à l'accumulation des émissions anthropiques de ce gaz qui représente 60 % du renforcement anthropique total de l'effet de serre. D'après les experts du GIEC, la concentration dans l'atmosphère est passée de 280 ppmv en 1750 à 315 ppmv en 1958, 345 ppmv en 1984 et à 367 ppmv en 1999. (JEAN-YVES. D et al, 1999) [27]

Depuis la révolution industrielle la concentration en CO₂ atmosphérique a augmenté de manière progressive. Cette concentration fut pratiquement constante pendant les trois-quarts du deuxième millénaire.

Entre les mesures effectuées actuellement, et les reconstitutions autorisées par l'analyse des carottes glaciaires, il est permis de conclure que l'accélération des émissions de dioxyde de carbone au cours du dernier millénaire est intervenue essentiellement depuis le début de l'ère industrielle. Toutefois, au cours de l'histoire

de la planète, des variations importantes sont déjà survenues en liaison avec des variations de température.

La distinction entre les émissions de dioxyde de carbone par les terres ou par les océans avec celles causées par l'homme, n'a pu être mise en évidence qu'au cours de la période récente retracée par les mesures effectuées à partir de 1958 sur le mont Mauna Loa (Hawaï). Pour toute la période antérieure, ce sont les carottes glaciaires extraites de l'Antarctique, par exemple du Taylor Dome, ou de Vostok, qui fournissent les données essentielles. Grâce à ces forages, il est possible de remonter jusqu'à 420.000 ans avant la période actuelle. Ces données permettent d'affirmer qu'au cours du réchauffement intervenu il y a 1.500 ans, la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère est passée de 200 à 280 ppmv -soit approximativement la même augmentation que celle de l'ère industrielle en cent cinquante ans, mais cette évolution a duré plusieurs milliers d'années. Au rythme actuel d'émission, la concentration atmosphérique de gaz carbonique dépasserait 400 ppmv en 2025 et 500 ppmv vers 2100.

Comme cela a été vu plus haut, l'ère industrielle a marqué l'accélération des émissions de gaz carbonique dans l'air. Cela résulte tant de la combustion de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) que de la déforestation. Il peut être même considéré, comme l'estime le GIEC, dans son dernier rapport en 2001, que l'accroissement de l'émission de dioxyde de carbone durant l'ère industrielle est dramatique. En effet, ces experts ont noté que le taux annuel d'accroissement des émissions de CO₂ depuis 1980 est de 0,4 % par an. Au cours des vingt dernières années, 70 % à 90 % des émissions de dioxyde de carbone proviendraient de la combustion des carburants d'origine fossile, et entre 10 % à 30 % seraient issus du changement d'usage des terres, essentiellement de la déforestation.

Parmi les sources de gaz carbonique figurent, outre l'industrie, les transports et l'habitat, les déforestations (Canada, nord de l'Europe, forêts tropicales...). Enfin, pour les aérosols, ceux-ci demeurent proches de leur lieu d'émission. Une carte mondiale des émissions de gaz carbonique par combustion d'énergie fossile reflète strictement le degré d'industrialisation des pays et/ou leur recours à des procédés polluants de production. Sur une telle carte, l'Europe -y compris l'Europe centrale et l'Europe Orientale-, le Japon, les deux Corées, la Chine et le Taïwan, l'extrême sud et le nord-est du sous-continent indien, les Etats-Unis d'Amérique ressortent nettement. À l'intérieur de ces pays ou union de pays, se détachent plus

particulièrement le sud du Japon, les deux Corées, le nord-est de la Chine, le nord et le nord-est de l'Europe, en particulier les Pays-Bas et l'Allemagne, la Grande-Bretagne, l'est des Etats-Unis d'Amérique, en particulier la côte nord-est.

La variation annuelle du niveau des émissions est parfois importante puisqu'elle oscille du simple au triple, et il a été relevé que les plus grands taux d'augmentation ont correspondu aux années où le phénomène *El Niño* s'est manifesté avec le plus d'acuité.

Pour évaluer l'impact du monoxyde de carbone, en termes de gaz à effet de serre, il suffit de noter que 100 millions de tonnes de ce gaz équivalent à l'émission d'environ 5 millions de tonnes de méthane.

Le monoxyde de carbone est deux fois plus présent dans l'hémisphère nord que dans l'hémisphère sud, et a augmenté, dans la seconde moitié du XX^{ème} siècle, en même temps que l'industrialisation et la croissance démographique.

II-5-3- Le méthane CH₄ : un gaz des marais qui contribue à l'augmentation de l'effet de serre

"Vingt fois plus efficace sur l'effet de serre que le gaz carbonique, le méthane atmosphérique restait stable depuis 1999". (GOUDET.J.L, 2006) [28]

Le méthane (CH₄) est un des gaz responsables de l'effet de serre qui provient de l'élevage des ruminants, de la culture du riz, des décharges d'ordures, des exploitations pétrolières et gazières. (BOUSQUET.P, 2006) [29], du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CEA, CNRS et Université de Versailles-Saint-Quentin-en-Yvelines), nous fait remarquer que la planète a perdu 5 % de ses terres humides entre 1984 et 2003 est que la contribution dominante aux émissions naturelles de méthane vient des marais et non des feux de forêt.

Dans les marais, les bactéries, qui prolifèrent, produisent du méthane. Quant aux sécheresses, elles augmentent aussi le nombre de feux de forêt, qui libèrent du méthane. Mais l'un ne compense pas l'autre. "La grande surprise, souligne Philippe Bousquet, est que la contribution dominante aux émissions naturelles de méthane vient des marais et non des feux de forêt ". L'autre conclusion est plutôt inquiétante : la production de méthane par l'activité humaine augmente bel et bien, et la compensation par la réduction des zones humides trouvera peut-être ses limites.

Photo n°2 : Le Marais ou zone inondée par des eaux stagnante



Source : www.ornithomedia.com

Les marais seraient les principaux pourvoyeurs naturels de méthane. Leur raréfaction (qui entraîne de graves dégâts écologiques) aurait masqué l'augmentation des émissions humaines en provenance d'Asie. La planète a perdu 5 % de ses terres humides Les hommes en ont fait disparaître, et les sécheresses réduisent ce qui restent.

Le méthane, gaz des marais, sa contribution à l'intensification de l'effet de serre représente 20 % de celles des gaz à effet de serre de longue durée émis par l'homme. D'après les mesures opérées, les concentrations ont augmenté d'environ 150 % depuis 1750, et il semble que le seuil atteint actuellement n'ait jamais été dépassé au cours des 420.000 années précédentes. Ce gaz apparaît dans l'atmosphère à la suite de réactions chimiques. Chez les herbivores, la digestion microbienne qui leur permet d'utiliser les fourrages, conduit à la production de ce gaz. La contribution des herbivores à la production mondiale de méthane serait d'environ 16%, soit une contribution de l'ordre de 2,4% à l'effet de serre. Les recherches menées à l'INRA ont permis de comprendre les mécanismes biochimiques de la formation du méthane et de quantifier les émissions journalières et annuelles des herbivores en France. (Académie d'Agriculture, 1999) [30]

Comme le gaz carbonique, le méthane peut être d'origine naturelle, par exemple lorsqu'il se dégage des zones humides naturelles, ou d'origine animale (fermentation entérique) ou bien d'origine humaine, lorsqu'il provient de l'agriculture (rizières inondées), de l'extraction de gaz ou des prairies. Il est considéré, que plus de la moitié des émissions de méthane sont d'origine anthropique. Les mesures systématiques de ces émissions ne datent que de 1983 ; là encore, pour toute la période passée, il faut recourir à l'analyse des carottes glaciaires. *"L'analyse des bulles d'air enchâssées dans les carottes de glace et les mesures directes actuelles montrent que la concentration du méthane dans l'atmosphère était de 0,35 ppmv il y a 22000 ans, 0,7 ppmv en 1700 et 1,72 ppmv en 1990. Les émissions annuelles de méthanes sont estimées à 520 millions de tonnes par année".* (JEAN-YVES. D et al, 1999) [31]

De gigantesques quantités de méthane sont séquestrées dans les mailles cristallines de la glace. Ce méthane qui se trouve endormi sous les neiges, dans d'immenses régions des hautes latitudes (Sibérie, Canada) dont le sous-sol est gelé en permanence est un gaz à effet de serre; plusieurs dizaines de fois plus efficace que le CO₂ pour réchauffer l'atmosphère.

Le méthane contribue déjà pour plus de 5% à l'effet de serre, et ce facteur s'amplifie rapidement. Libéré par la fonte accélérée des sols et des glaciers qui restent gelés en permanence "permafrost", sous l'effet du réchauffement, il pourrait apporter une contribution majeure et provoquer, en association avec le CO₂ et la vapeur d'eau, un emballement du système jusqu'à atteindre des températures très élevées.

Les sources naturelles de méthane sont les sols pour 65 % environ et les océans pour 30 %. Lors de son audition, M. Robert KANDEL a relevé qu'en cas de réchauffement, il existerait un risque de dégagement important de méthane piégé sous forme d'hydrates dans les sédiments sous-marins comme dans les pergélisols alors que ce gaz possède un potentiel d'effet de serre bien plus puissant que le CO₂. Il s'agirait là d'une cause humaine indirecte même si cette émission provenait de l'océan.

Plus de la moitié des émissions de méthane proviennent de sources anthropiques. A partir de l'année 1983, début des mesures précises de la concentration de ce gaz dans l'atmosphère, celui-ci a continué à augmenter en passant de 1,610 ppbv en 1983 à 1,745 ppbv en 1998. Cependant, l'augmentation annuelle s'est réduite durant cette période. De grandes variations dans les émissions annuelles ont été observées au cours des années 1990. Ainsi, en 1992, les émissions étaient proches de zéro, alors qu'elles dépassaient 13 ppmv en 1998. Il s'agit là d'une source d'interrogation pour les experts.

Dans la mesure où l'accroissement dans l'atmosphère de la présence du CH₄ résulte de l'équilibre entre les sources et les puits, toute prévision des taux futurs de concentration est difficile à établir. En effet, même si les principales sources ont été identifiées, elles sont difficiles à quantifier, étant toujours largement sujettes à variation, et ce déjà en fonction du changement climatique lui-même.

Il doit être rappelé qu'une importante part des émissions de méthane provient de la culture du riz, et de la fermentation entérique chez les ruminants, c'est-à-dire des vents émis par ceux-ci lors de leur digestion. Curieusement, le résumé technique du

dernier rapport du GIEC ne dit rien sur ce dernier point, tandis que la riziculture est à peine évoquée. Cette omission provient-elle en partie du souhait d'encourager la Chine, forte productrice de riz, et l'Inde, possédant le plus vaste cheptel de ruminants, à adhérer aux objectifs du protocole de Kyoto ?

Une carte mondiale des émissions de méthane par les animaux (bovins, moutons, chèvres et chameaux), fait ressortir le Bangladesh, le sous-continent indien, l'Europe à l'exception de l'Espagne, et du Portugal, dont très fortement les Pays-Bas, le sud du Brésil et la Nouvelle-Zélande.

II-5-4- Le protoxyde d'azote (N₂O)

La contribution du protoxyde d'azote ou oxyde nitreux représente environ 6 % du total des gaz à effet de serre. Les principales sources de protoxyde d'azote liées à l'activité humaine sont l'agriculture (emploi massif d'engrais azotés), la combustion de la biomasse et les activités industrielles.

Comme pour le méthane, les concentrations annuelles de protoxyde d'azote varient sensiblement ; c'est ainsi que, dans le cadre d'une croissance moyenne annuelle de 0,25 % (de 1980 à 1998), les émissions ont diminué de moitié, de 1991 à 1993. Il a pu être évoqué, pour expliquer ce phénomène, un recul dans l'emploi d'engrais azotés, ou des modifications provenant de l'activité volcanique. Toujours est-il qu'après 1993 la croissance annuelle du protoxyde d'azote a repris comme durant les années 1980.

A cet égard, il faut souligner que, comme de nombreuses fois dans l'étude de chacun des gaz à effet de serre, tout en apportant les données les plus précises actuellement connues sur les caractéristiques et l'évolution de ces gaz, le GIEC ne manque jamais de souligner que nombre de phénomènes restent encore largement inexpliqués.

II-5-5- L'oxyde d'azote NO_x : un gaz qui augmente la formation de l'ozone troposphérique

Certains gaz ont seulement une influence indirecte sur le réchauffement. Tel est le cas, par exemple, de l'oxyde d'azote (NO_x) qui est la somme de deux gaz nitreux, le NO et le NO₂ ensemble appelés « NO_x », du monoxyde de carbone (CO), et des composés organiques volatils (COV). Ces polluants ont une influence non seulement sur la formation de l'ozone, mais aussi sur

la durée de vie du méthane et d'autres gaz à effet de serre. Les émissions de NO_x comme de monoxyde de carbone sont principalement générées par l'activité humaine.

L'importance de l'oxyde d'azote dans le bilan radiatif provient du fait que ce gaz a la propriété de perturber plusieurs autres gaz à effet de serre ; c'est ainsi qu'il contribue à la diminution de la présence de méthane et d'hexafluorocarbures (HFC), et qu'il augmente la formation d'ozone dans la troposphère.

Là encore, les experts se heurtent à une importante difficulté pour quantifier ce phénomène, mais ils ont la certitude qu'en 2100 l'augmentation de NO_x ne manquera pas de causer d'importantes modifications dans les gaz à effet de serre.

II-5-6- L'ozone (O₃)

La concentration d'ozone autour de la planète n'est pas uniforme ; elle varie en fonction des zones géographiques. Elle est notamment plus faible au-dessus de l'Antarctique, où se forme le fameux « trou » de la couche d'ozone. L'ozone résulte d'un processus photochimique se produisant à partir de gaz précurseurs d'origine tant naturelle qu'humaine⁴². L'ozone possède des effets différents selon qu'il se situe dans la stratosphère ou dans la troposphère. En effet, cet important gaz à effet de serre est présent dans ces deux couches de l'atmosphère mais, alors que, dans la stratosphère, l'ozone agit à la fois sur le rayonnement ultraviolet solaire et sur le rayonnement infrarouge, provoquant un refroidissement à la surface du globe, à l'inverse, dans la troposphère, par sa contribution à l'effet de serre, il entraîne un réchauffement.

L'ozone est un gaz qui joue un rôle essentiel pour le maintien de la vie sur la Terre. Sa présence dans la haute atmosphère absorbe l'essentiel du rayonnement solaire ultra-violet de très courte longueur d'onde (UV-B) qui est nocif pour les êtres vivants (cancers de la peau pour les hommes et les animaux, inhibition de la photosynthèse, mutations génétiques...)

Le protocole de Montréal (1987) ambitionnait de diminuer de moitié pour l'an 2000 la production de perfluorocarbures (CFC) par rapport à 1986 mais c'est

⁴² La destruction de l'ozone est liée à l'utilisation dans diverses industries (climatisation, réfrigération, solvants, aérosols) de composés à base de fluor et de chlore (le plus connu étant le Fréon) que l'on appelle communément les chlorofluorocarbures (CFC). Les CFC, dont la durée de vie est de 60 à 120 ans, s'élèvent jusqu'à la stratosphère, où les rayons solaires les dissocient, libérant leur chlore très réactif qui brise les molécules d'ozone. Chaque molécule de chlore peut détruire jusqu'à 100 000 molécules d'ozone sans disparaître pour autant.

seulement vers 2050 que le niveau de concentration pourrait être identique à celui qui existait au début des années 1980, compte tenu de la durée de vie des CFC.

Quant à l'ozone troposphérique, qui résulte de l'émission de méthane et de divers polluants, sa concentration réagit rapidement aux variations des émissions polluantes. Sa présence, liée aux émissions des gaz précurseurs, est donc particulièrement prononcée au-dessus de l'Amérique du Nord et de l'Europe, ainsi qu'au-dessus de l'Est de l'Asie. Cependant, une incertitude provient de l'absence ou de la rareté des informations antérieures à 1960, ce qui rend impossible une comparaison des zones de présence actuelles de l'ozone avec sa répartition antérieure.

II-5-7- Les halo carbures ou gaz à effets de serre d'origine humaine

Leur contribution représente 14 % de l'effet de serre additionnel provenant des gaz à effet de serre ajoutés. Pour la plupart d'entre eux, la source humaine est la seule origine. Presque tous les halocarbures ont pour origine les activités humaines (CFC-11 (CFCl_3), CFC-12 (CF_2Cl_2), CFC-113, CH_3 , CCl_3 , CCl_4 , CFC-12, HCFCs, HFCs, PFCs, CF_4 , C_2F_6 ...). Ces gaz sont, par exemple, utilisés comme propulseurs dans les bombes aérosols, liquides réfrigérants (fréons), agents de fabrication des mousses de polymères, solvants pour l'électronique.

Pour la plupart de ces halo carbures ou de ces composés du carbone, qui contiennent du fluor, du chlore, du brome ou de l'iode, les activités humaines en sont les seules sources. Ceux d'entre eux qui contiennent du chlore ou du brome sont à l'origine du trou dans la couche d'ozone stratosphérique, et sont juridiquement contrôlés par les dispositions du protocole de Montréal de 1987. De ce fait, après avoir culminé en 1994, ces gaz sont en lent déclin. L'utilisation de chlorofluorocarbures (CFC) dans les bombes aérosols et les réfrigérateurs a diminué la concentration d'ozone dans l'atmosphère, ce qui a causé le fameux trou de la couche d'ozone. L'utilisation des CFC est interdite dans la majorité des pays industrialisés depuis 1995. Les pays en voie de développement ont un délai supplémentaire jusqu'en 2010.

Les concentrations des substituts aux CFC sont en augmentation et certains d'entre eux sont des gaz à effet de serre. Ainsi, la concentration de HFC-23 a triplé entre 1978 et 1995... Par ailleurs, les perfluorocarbures (PFCs), notamment le CF_4 et C_2F_6 , et l'hexafluorure de soufre (SF_6) sont des gaz à effet de serre puissants qui

demeurent très longtemps dans l'atmosphère. Il faut y prendre garde, car quoique émis en très faibles quantités, ils risquent d'influer sur le climat futur. Ainsi, le perfluorométhane (CF₄) possède un temps de résidence dans l'atmosphère d'au moins 50.000 ans, et les émissions dues à l'homme étant mille fois supérieures aux émissions naturelles, elles sont totalement responsables de l'accroissement observé. Autre exemple : l'hexafluorure de soufre (SF₆) est 22.200 fois plus puissant, par unité émise, que le dioxyde de carbone, comme gaz à effet de serre. En conséquence, même une très petite concentration, mais avec un taux de croissance important, peut entraîner des répercussions.

II-6- LES EFFETS DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE

"Le changement climatique est une réalité"

(le Sommet du G8 de juillet 2005).

II-6-1- Rupture de la plus grosse plate forme glaciaire de la région arctique

La plus importante plate-forme glaciaire de la région arctique, vieille de plus de 3.000 ans, s'est rompue, ont annoncé des chercheurs américains et canadiens, une conséquence selon eux du réchauffement climatique à long terme a débuté il y a plus d'un siècle au pôle nord⁴³. A mi-chemin entre Hawaï et l'Australie, en plein milieu du Pacifique, l'archipel de Tuvalu est une ancienne colonie britannique. Indépendant depuis 1978, l'État de Tuvalu couvre une surface de 26 km² s'étendant sur 9 îlots. Il est le 4ème plus petit pays au monde. Avec une altitude maximale de 5 mètres au-dessus du niveau de la mer, cet archipel est particulièrement vulnérable à la montée des eaux, dont le phénomène à long terme ne fait plus de doute depuis que la banquise des pôles fond pour cause de réchauffement global de la planète.

Il y aura probablement toujours des incertitudes dans la compréhension d'un système aussi complexe que le climat à l'échelle mondiale. Toutefois, il est pratiquement sûr qu'un réchauffement global s'installe actuellement.

Les mesures directes des températures de l'air au voisinage du sol et des températures de la couche superficielle des océans ainsi que des phénomènes tels

⁴³(<http://terresacrée.org/arctique.htm>)

que l'élévation de la moyenne du niveau des mers, la fonte des glaciers et des modifications de nombreux systèmes biologiques et physiques, sont autant de changements qui témoignent de l'ampleur du phénomène. Les spécialistes du GIEC ont annoncé en 2001 qu'il est probable que la majeure partie du réchauffement des dernières décades est due à l'activité humaine. Ce réchauffement a déjà conduit à un changement du climat de la Terre.

Photo n°3 : **Plate forme glaciaire de L'Arctique brisée en deux**



Source : ALGORE, 2007

Sur n°3, on voit sur la photo dans l'Arctique, l'une des régions qui subissent le plus rapidement les effets du réchauffement planétaire, comment la plaque glaciaire s'est brisée il y a de cela 5 ans. Les scientifiques étaient stupéfaits. La masse de glace est gigantesque et impressionnante, de plus de 200 mètres de hauteur.

II-6-2- Diminution de l'étendue et de l'épaisseur de la calotte glaciaire

Photo n°4 : Faible épaisseur de la banquise vue par les chercheurs américains



Source : ALGORE, 2007

Depuis 1957 des scientifiques ont commencé à patrouiller sous la banquise pour mesurer l'épaisseur de la glace à l'aide de leur radar. Ces chercheurs ne pouvaient faire surface avec leurs sous marins que si la glace faisait au maximum un mètre d'épaisseur.

A partir de 1970, l'étendue de glace marine a diminué de 15 millions de km², cette chute de la surface et de l'épaisseur de la calotte glaciaire a été vertigineuse, elle représentait 40% pour une période d'environ 40 ans. *"D'après deux études, les scientifiques prédisent que d'ici 50 à 70 ans, la calotte glaciaire aura complètement disparue en été"*. (ALGORE, 2007) [32]

Les scientifiques américains qui ont fait des mesures systématiques ne voulaient rendre publiques les données car elles étaient placées secret défense, mais ils savaient déjà que le réchauffement planétaire à déjà commencé il y a bien longtemps. A la fonte de la calotte glaciaire, la chaleur s'accumule plus vite au pôle Nord, dans l'océan arctique, et dans l'arctique en général que partout ailleurs sur la planète.

II-6-3- Le recul de la surface des glaciers

L'histoire du climat terrestre est marquée par l'avancée, et le retrait des glaciers. Le phénomène du recul des glaciers est observé à travers toute la planète

Photo n°5 : L'étendue du Grinnel glacier en 1910



Source : ALGORE, 2007

Photo n°6 : rupture des masses de glaces en 1932



Source : ALGORE, 2007

Photo n°7 : Disparition et réduction de l'étendu du glacier en 1988



Source : ALGORE, 2007

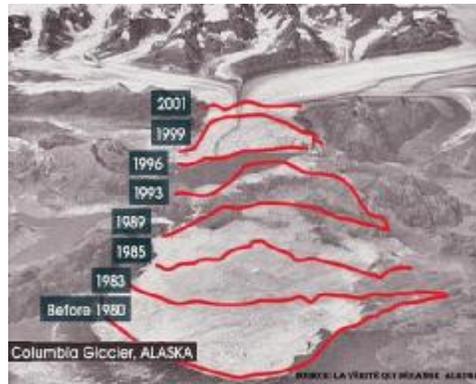
Photo n°8 : Dislocation du glacier en 1998



Source : ALGORE, 2007

Ce sont d'énormes masses de glaces qui disparaissent dans les eaux des océans, et cela n'est pas sans conséquence sur l'alimentation en eau potable où plus de 40% de la population de la planète sont alimentés de ces glaciers". (ALGORE, 2007) [33]

Photo n°9 : **Glacier de l'Alaska en 2001**



Source : ALGORE, 2007

L'image magnifique que nous avons de ces glaciers, est perdue à jamais. Au rythme de l'augmentation de la pollution, on parlera d'ici quelques années, de l'ancien parc national des glaciers. (Photo n°9)

II-6-4- Les effets du dégel du permafrost

Photo n°10 : **Effet du dégel du permafrost sur les arbres**

Voici sur la photo n° 10, ce que nous appelons les arbres ivres. Ce n'est ni l'effet du vent ni de l'abus de l'alcool. Ces arbres sont enracinés dans le permafrost qui dégèle. C'est pour cela qu'ils poussent dans toutes les directions.



Source : ALGORE, 2007

Photo n°11 : **Effondrement de la construction sous l'effet du dégel**



Source : ALGORE, 2007

Voilà ce qui peut se produire dans ces terres gelées en permanence où nous avons construit cet immeuble. La photo n°11, nous montre les dommages que nous pouvons constater après le dégel du permafrost. Les fondations sont entassées, et une partie de l'immeuble s'est écroulé.

Les effets du dégel du pergélisol sont catastrophiques. Les routes et les constructions subissent plus de dommage. La maison que l'on voit sur la photo n° 12 a dû être quittée par ses habitants, suite à l'enterrement d'une partie de son RDC.

Photo n°12 : Tassement des fondations suivi d'un engloutissement du RDC



Source : ALGORE, 2007

Le permafrost ou pergélisol est une épaisseur de sol gelé pendant plus d'une année (2 années au moins) ; cela peut aller jusqu'à plusieurs centaines ou plusieurs milliers d'années. Le terme a été défini par Muller en 1947.

L'épaisseur d'un pergélisol continu peut se mesurer en dizaine voire en centaine de mètres ; En Sibérie centrale l'épaisseur est de l'ordre de 500 mètres et peut atteindre exceptionnellement plus de 1000 mètres dans le secteur de la haute Markha. En Amérique du Nord, le maximum connu est d'environ 610 mètres à Prudoe Bay en Alaska. Cet englacement des sols recouvre 26% de la surface de la terre, si l'on compte les glaciers. Sans les glaciers, ce sont environ de 14 à 20% de notre planète qui sont concernés (80% de l'Alaska, 50% du Canada selon Péwé). (GAMBIN.A, 1998) [34]

II-6-5- La disparition des neiges "éternelles" du Kilimandjaro

"Le danger n'est pas ce que l'on ignore, c'est ce que l'on tient pour certain, mais qui n'est pas vrai" (ALGORE, 2007) [35]

Photo n°13 : Les montagnes du Kilimandjaro en 1970



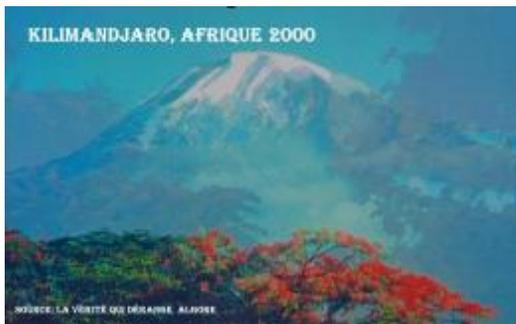
Source : ALGORE, (2007)

Sur les photos n°13 et n°14 du Kilimandjaro l'on voit déjà les méfaits du réchauffement de la planète.

De 1970 à l'an 2000, soit après une trentaine d'années, les neiges ont fondu de manière spectaculaire.

Sur la photo n°15, prise six années plus tard, l'on peut comprendre quel est l'importance d'un tel phénomène qui détruit l'environnement.

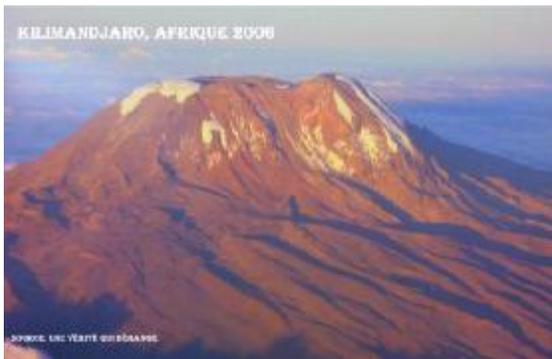
Photo n°14 : **Le Kilimandjaro en 2000, les neiges se réduisent**



Source : ALGORE, (2007)

La fin de ce deuxième millénaire risque de marquer le début des premières catastrophes dont l'homme est le premier responsable de la destruction de la nature.

Photo n°15 : **Le Kilimandjaro en 2005, le vide**



Source : ALGORE, (2007)

Selon les prévisions de spécialistes ou "glaciologues", les neiges "éternelles" du Kilimandjaro disparaîtront d'ici 2020. Ainsi, au bout de quelques années, il ne restera plus d'êtres vivants (plantes et animaux) qui ne peuvent s'acclimater dans cette région où les neiges éternelles du Kilimandjaro n'existeront plus.

II-6-6- La fonte et la dislocation des glaces au Groenland

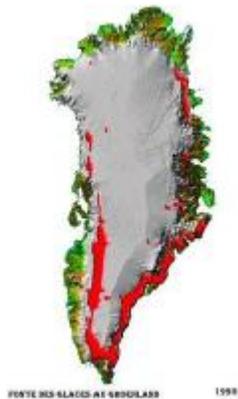
Territoire grand comme quatre fois la France et peuplé de 57 000 habitants, le Groenland est une île recouverte sur la majorité de sa surface par une calotte glaciaire d'une épaisseur souvent fort importante (près de 3 km d'épaisseur de glace au centre). La couverture de glace recouvre environ 84% de la surface de l'île. Ce désert de glace est très inhospitalier.

Depuis des années, la couverture glaciaire du Groenland se réduit lentement⁴⁴. Eric Rignot, glaciologue au *Jet Propulsion Laboratory* de la Nasa et Pannir Kanagaratnam, chercheur au Centre de télésurveillance des calottes polaires de l'université du Kansas, expliquaient dans un article paru le 20 octobre 2006 dans

⁴⁴ En fissurant les glaciers, le réchauffement de la planète permet à l'eau de s'y infiltrer, ce qui facilite son mouvement.

la revue *Science*, Scott Luthcke (du *Goddard Space Flight Center* de la Nasa)⁴⁵ que les glaciers du Groenland accélèrent leur mouvement vers la mer, qui se mesure en centaines de mètres par an. La raison pourrait en être le réchauffement de l'atmosphère.

Photo n°16 : Le glacier du Groenland en 1992



Source : ALGORE, (2007)

Dans le Groenland, on peut voir des changements spectaculaires de bassins similaires à ceux qui se sont formés sur la banquise en Antarctique. Les eaux des bassins creusent des tunnels, jusqu'à la base et transforment la glace en gruyère ou en termitière. En 1992 voici qu'elle était la fonte enregistrée au Groenland en 1992, puis en 2002 et enfin en 2005. (photos n°16, 17, 18).

Photo n°17 : Etonnante fonte des glaces au Groenland en 2000



Source : ALGORE, (2007)

Photo n°18 : Le Groenland en 2005



Source : ALGORE, (2007)

⁴⁵ http://www.futura-sciences.com/fr/sinformer/actualites/news/t/terre-3/d/le-groenland-perd-cent-milliards-de-tonnes-de-glace-par-an_9843/

II-6-7- Elévation des températures : un risque qui menace la vie de tous les êtres sur la planète

Les dix dernières années chaudes enregistrées par les scientifiques se sont produites en 1990, 1991, 1995, 1997, 1998, 1999, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. L'année 2005 a été la plus chaude de toutes. Les experts prédisent que les vagues de chaleur seront de plus en plus fréquentes. En Europe la canicule a tué 35.000 personnes. Le réchauffement planétaire accroît non seulement les précipitations, mais aussi la disparité géographique. En Inde, juin 2003, la température y est montée à 50°C Dans l'ouest Américain, plusieurs villes ont connu des records de chaleur avec plusieurs jours consécutifs à 38° C et même plus. Deux cents villes de l'Ouest ont battu le record historique, et dans l'Est, il a été de même notamment à la nouvelle Orléans. L'augmentation de température de moins de deux degré pourrait faire fondre les glaces des pôles et diminuer le pouvoir réflecteur de la Terre⁴⁶. La Terre recevrait alors plus de chaleur, et l'échauffement pourrait croître dramatiquement.

II-6-8- L'intensification des tornades et des ouragans

Photo n°19 : Les dommages dans l'installation de la plus grande plate forme pétrolière au monde



Source : ALGORE, 2007

Plus les océans se réchauffent, plus les tempêtes se renforcent. Les Etats-Unis ont battu le record des tornades ; 1717 tornades en 2004. Le Brésil a connu le premier ouragan dans le sud de l'Atlantique. L'année 2005 restera dans les annales d'abord au Caraïbes : ouragan EMILY juillet 2005, puis ouragan DENNIS en Floride en juillet

2005 qui a fait beaucoup de dégâts y compris dans les installations pétrolières au Golf du Mexique. Le Japon a battu le record pour les typhons 10 en 2004 : le record était de 07.

⁴⁶ les étendues glacées sont un excellent miroir

Photo n°20 : Maisons noyées au grenier après le passage de Katrina



Source : ALGORE, 2007

Il faut aussi se rappeler de l'ouragan KATRINA qui frappa la Floride en 2005. C'était un ouragan de catégorie 1, mais il a fait de nombreuses victimes et des milliards de dégâts avant d'atteindre la Nouvelle Orléans. Il est passé sur des zones les plus chaudes où les températures de l'eau augmentaient plus, et par la même occasion les vents se renforçaient plus, et l'humidité augmentait davantage.

L'ouragan KATRINA qui s'est formé sur la Floride, se charge d'énergie et devient de plus en plus puissant. Les conséquences furent épouvantables. Dans ces maisons englouties, le niveau de l'eau arrivait jusqu'aux greniers où les habitants se trouvaient noyés jusqu'au cou.

Après le passage d'un typhon ou d'un ouragan, l'on peut constater d'énormes dégâts dans les constructions et les exploitations agricoles. Sur la photo n°20, on peut voir comment l'ouragan a encastré sous le pont, cette installation pétrolière qui n'a pu résister à la force des vents.

Photo n° 21 : Une installation pétrolière emportée par les vents



Source : ALGORE, 2007

II-6-9- Intensification des pluies et des orages

Un autre effet du réchauffement de la planète dont on parle le moins souvent est l'augmentation des précipitations et davantage sous la forme de gros orages ponctuels. Des inondations en Asie, en Inde où 94 cm sont tombées en 24 heures causant la mort de 1000 personnes. Beaucoup de crue en Chine, au Bangladesh, en Europe, et partout dans le monde.

Photo n° 22: Un exode de population Sous des pluies diluviennes



Source : ALGORE, 2007

II-6-10- Le dessèchement du plus grand lac du monde

Sur la partie Nord de l'Afrique en bordure du Sahara, d'incroyables tragédies s'y déroulent, et il y a de multiples raisons à cela. Le Darfour et le Niger sont au nombre de ces tragédies. L'un des facteurs qui les ont déclenché est le manque de pluie et la sécheresse. Le réchauffement planétaire provoque donc de façon paradoxale non seulement davantage d'inondation, mais aussi davantage de sécheresse.

Photo n°23 : **Le dessèchement du sol rend difficile Toute forme de vie**



Source : ALGORE, 2007

Photo n°24 : **Le bleu du plus grand lac au monde est éphémère**



Source : ALGORE, 2007

Photo n°25 : **Lac du Tchad en 1963**



Source : ALGORE, 2007

Photo n°26 : **Lac du Tchad en 1973**



Source : ALGORE, 2007

Photo n°27 : **Lac du Tchad en 1987**



Source : ALGORE, 2007

Photo n°28 : **Evaporation et sécheresse réduisent l'étendue du Lac du Tchad en 2001**



Source : ALGORE, 2007

11-7- LES ACTIVITES HUMAINES : INTENSENIFICATION DES DIFFERENTES FORMES DE POLLUTION

Photo n°29 : Centrale nucléaire de Tchernobyl



Source : Encarta, 2007

L'activité humaine est essentiellement centrée sur les domaines de l'Agriculture, du Transport et leurs dérivés. C'est précisément dans ces domaines là que la pollution est la plus perceptible. La pollution, est un problème global, et un danger planétaire, mais il aura fallu des catastrophes pour en prendre conscience. Tchernobyl, par exemple. Plus de vingt ans après la plus importante catastrophe nucléaire de l'histoire, et malgré la fermeture puis le bétonnage du réacteur 4 à

l'origine de l'explosion la radioactivité reste importante non seulement sur le site même de la centrale (ici photographiée en 1996) mais également en Biélorussie, notamment, premier pays balayé par le nuage radioactif et dont près du quart des terres sont contaminées, ainsi que la nourriture absorbée par la population.

Alors que les Soviétiques auraient bien voulu cacher à leurs voisins cet incident les vents dominants ont fait fi des frontières, et disséminé des poussières radioactives à travers l'Europe.

Pensons également aux retombées de la guerre du Golfe, ou aux feux du Koweït (incendie des puits de pétrole en 1990) qui ont craché leurs fumées noires des semaines durant et « exportés » leurs suies à plus de 1000 kilomètres de là. La pollution de l'atmosphère n'a pas de limite géographique.

Photo n°30 : Épave de l' Amoco Cadiz



Source : Microsoft ® Encarta ® 2007

N'oublions pas également les déversements massifs de pétrole dans la mer qui ont été catastrophiques pour les écosystèmes de la région. Sur la photo n°31, l'épave de l'*Amoco Cadiz* échoué le 16 mars 1978, a libéré plus de 220 000 tonnes de mazout au large des côtes bretonnes à Portsall, dans le Finistère.

La marée noire souille 350 kilomètres de côtes, polluant les fonds marins, détruisant la faune et la flore.

II-7-1- Les moyens de transport et la pollution de l'air

L'automobile, est conçue pour le transport terrestre de personnes ou de marchandises. C'est un des moyens de transport les plus répandus actuellement sur la planète. La consommation en énergie⁴⁷ (pétrole et gaz) a fait l'objet de nombreuses recherches pour réduire la concentration des rejets en dioxyde de soufre, et de carbone. La composition du carburant a changé. Il existe maintenant ce qu'on appelle de l'essence reformulée, un carburant dans lequel les composants les plus néfastes ont été supprimés. La pollution de l'air par les automobiles est produite surtout par les évacuations des échappements.

Les véhicules automobiles en croissance rapide constituent la cause principale de la pollution de l'air⁴⁸. En 1930, le parc mondial d'automobiles était seulement de 30.000 000. En 1960 le nombre de véhicule était de 130.000 000, et de 1960 à 1968, il s'est accru de 100 millions. En moins d'un demi siècle (1930 à 1968), le parc automobile dans le monde a augmenté presque de dix fois soit, plus (250.000 000 autos), et sa croissance s'accélère. (MATEI et PASCU, 1974) [36]

Le nombre de voitures produites dans le monde en 2004 s'élève à 58.000.000 (soit 2/seconde), et le nombre total de voitures produites dans le monde aujourd'hui est de plus de 2 milliards 700 millions qui sont encore en circulation⁴⁹.

D'ici à 2030, le nombre de voitures dans le monde aura augmenté de 50%. (<http://www.earthday.net/programs/international/francais/LeMonde.aspx>)

L'automobile est régulièrement pointée du doigt comme facteur majeur de l'effet de serre, sans parler de la détérioration de la qualité de l'air. La mauvaise

⁴⁷ Le pétrole et le gaz naturel fournissent actuellement plus de moitié de l'énergie mondiale, et, selon l'Agence Internationale de l'Energie, ils vont continuer à être les plus importantes sources d'énergie (à côté du charbon, lui aussi émetteur de CO₂), jusqu'à tard dans le 21ème siècle, tout cela si rien ne change. (<http://www.earthday.net/programs/international/francais/LeMonde.aspx>)

⁴⁸ Selon de récentes études, le secteur des transports représente 26% des émissions de gaz carbonique et pourrait atteindre le triste record de 34% en 2010. Mais aujourd'hui, il se retrouve une nouvelle fois sur le banc des accusés en raison d'une autre source de pollution : la climatisation automobile. (<http://antivoitures.free.fr/2005/02/les-mfaits-de-la-climatisation.html>)

Or, l'Ademe admet que l'essor actuel de la climatisation automobile a des répercussions importantes sur les émissions de gaz à effet de serre. Suite à l'ensemble des études d'évaluation réalisées par l'Ademe en partenariat avec l'UTAC (Union technique de l'automobile, du motocycle et du cycle), VALEO CLIM Service et le Centre d'énergétique de l'École des Mines de Paris, on constate que le fonctionnement du climatiseur entraîne une surconsommation de carburant de 25 à 35% en ville et de 10 à 20% en dehors des villes. (<http://antivoitures.free.fr/2005/02/les-mfaits-de-la-climatisation.html>)

⁴⁹ (<http://www.provelo.org/spip.php?article226>)

qualité de l'air par l'usage abusif des énergies fossiles a des effets dévastateurs sur la santé de l'homme. Les maladies pulmonaires et les attaques d'asthme sont fréquentes. Le risque de mort prématurée et d'hospitalisations d'urgence augmentent.

Dans de nombreux pays, au trafic routier intense, la pollution de l'air produite par les véhicules représente, un problème d'hygiène, et de santé publique. Plusieurs dispositions, et lois de prévoyance, et de lutte contre les impuretés de l'air ont été appliquées dans les pays les plus industrialisés (Clean- Air-Act U.S.A. en 1955 et en G.B. en 1956). Depuis 1970, l'amélioration coûteuse des divers carburants, notamment diesels, a permis un réel progrès pour la diminution de la teneur en soufre, et pour une réduction de divers rejets dans l'atmosphère, on citera l'exemple : des hydrocarbures imbrûlés cancérigènes noté HC, des oxydes azotés NO_x, et des oxydes de carbone CO. On notera que ces progrès techniques considérables sont balancés par l'augmentation du nombre de véhicules.

Photo n°31 : **Intensité du trafic sur un axe de Los Angeles**



Source : Microsoft ® Encarta ® 2007

La répartition des automobiles est maximale dans les pays développés et surtout dans les grandes villes. Dans la ville de Los Angeles⁵⁰ qui s'étend sur 150 kilomètres du Nord au Sud et de 50 kilomètres d'Ouest en Est, et sur une population totale de la conurbation supérieure à dix-sept millions d'habitants, on dénombre une voiture pour deux habitants.

*"En 1929, la ville de Los Angeles avait déjà deux millions de voitures".*⁵¹

⁵⁰ Sur plus de 10 millions de personnes vivant dans le comté de Los Angeles, un peu moins du tiers souffrent d'affections respiratoires, qui vont de l'asthme à l'emphysème pulmonaire. Ces malades "sont les plus vulnérables" aux risques de la pollution atmosphérique, explique Lisa Fassano, de l'agence de protection de l'environnement américaine. Environ 200.000 enfants de Los Angeles victimes d'asthme sont particulièrement exposés aux risques au milieu de l'été, selon elle. (<http://antivoitures.free.fr/2005/08/200000-enfants-de-los-angeles-victimes.html>)

⁵¹ (http://www.america-dreamz.com/californie/paysages/los_angeles.php)

Le centre de certaines villes comme Strasbourg ou la Haie, est fermé à la circulation. A Göteborg, la ville est divisée en secteurs infranchissables sauf aux transports en commun. Un peu partout, les grandes villes sont entourées de déviations pour empêcher les voitures de passage de pénétrer dans la ville pour maintenir une certaine fluidité de la circulation, donc de réduire la pollution de l'air par émanation de gaz, et de particules polluantes que libère l'échappement des véhicules.

11-7-2- La pollution par l'agriculture et l'élevage

"Les erreurs commises dans le siècle passé avaient des conséquences qu'on pouvait corriger. Aujourd'hui nous ne pouvons s'offrir ce lux" (ALGORE, 2007)

L'agriculture et l'élevage sont de grands pollueurs de la nature. Jusqu'au siècle dernier, l'agriculture était traditionnelle dans toutes les parties de la planète, et la production globale suffisait à nourrir tout le monde. Depuis, les choses ont changé pour plus de profit, dans les grands pays à vocation agricole, où on demandait aux agriculteurs de mettre plus d'engrais qu'il n'en fallait, pour avoir plus de récoltes. En sus de la régression, et de la dégradation des sols, cette méthode de production provoque, par l'usage d'engrais, et de pesticides⁵², une pollution des produits finaux, et des nappes phréatiques. Les conséquences de ce productivisme forcené sont aujourd'hui bien visibles: taux de nitrate élevé dans les eaux souterraines, accumulation de phosphates (eutrophisation) dans les eaux superficielles, diminution de la vie du sol (le ver de terre a quasiment disparu de certaines terres très exploitées), destruction des haies.

⁵² Tous les pesticides épandus ne remplissent pas leur emploi. Une grande partie d'entre eux est dispersée dans l'atmosphère, soit lors de leur application, soit par évaporation ou par envol à partir des plantes ou des sols sur lesquels ils ont été répandus. Disséminés par le vent et parfois loin de leur lieu d'épandage, ils retombent avec les pluies directement sur les plans d'eau et sur les sols d'où ils sont ensuite drainés jusque dans les milieux aquatiques par les eaux de pluie (ruissellement et infiltration). Les pesticides sont ainsi aujourd'hui à l'origine d'une pollution diffuse qui contamine toutes les eaux continentales : cours d'eau, eaux souterraines et zones littorales.

La source la plus importante de contamination par des pesticides demeure la négligence : stockage dans de mauvaises conditions, techniques d'application défectueuses, rejet sans précaution de résidus ou d'excédents, ou encore pollutions accidentelles comme, par exemple, lors du rejet accidentel de 1 250 tonnes de pesticides dans le Rhin, en novembre 1986.

Depuis 1992, les concentrations d'entreprises agricoles n'ont pas cessé de se multiplier, et le sol s'est rempli par des quantités excessives dont les effets aujourd'hui sont néfastes à la santé de l'homme, et la dégradation de nombreux écosystèmes est souvent irréversible. La baisse du nombre d'exploitations a entraîné l'augmentation de la surface des parcelles. Les grands champs sont en effet plus rentables, ils nécessitent moins, et rentabilisent le matériel agricole.

Pour obtenir des surfaces d'un seul tenant, il faut évidemment araser les haies et drainer les passages naturels de l'eau. Le sol n'est alors plus retenu par des talus naturels. En outre, les grandes cultures ont le grave défaut de n'occuper le sol qu'une partie de l'année. En hiver, la terre est généralement à nu (le blé d'hiver ne la retient pas suffisamment. Le maïs a un cycle de vie très court. A l'automne, après la récolte, les sols sont labourés et laissés nus pour l'hiver.

L'agriculteur n'a en effet aucun intérêt à recouvrir sa terre. Or, la nudité du sol en hiver est la cause première de l'érosion des terres. C'est aussi un facteur d'accélération de la pénétration jusque dans les nappes phréatiques des nitrates épandus en excès. C'est dans les régions tropicales que l'érosion des sols est la plus importante. Le défrichement intensif des forêts équatoriales est également néfaste au sol, peu épais, très fragile et étroitement lié au cycle de la matière organique. Dans les pays développés, l'agriculture intensive est la principale cause d'érosion. *"Il faut au moins dix mille ans pour faire un sol. Il suffit d'un gros orage pour qu'il disparaisse"*. (LAUWERYS.R, 1982) [37]

Les sols réellement cultivables ne représentent que 22 % de la surface des terres émergées, 3 031 millions d'hectares: 877 millions dans les pays développés et 2 154 millions dans les pays en voie de développement. La moitié seulement de ces sols est cultivée. On pourrait penser qu'une importante réserve est disponible. En fait, si la plupart des terres agricoles des pays développés sont intensivement mises en valeur, celles des pays en voie de développement sont soumises à des contraintes climatiques qui en limitent l'exploitation.

Partout, le dopage est interdit sauf en agriculture. Cela fait trente ans que l'on dope les plantes et les animaux à l'azote, en toute impunité, et souvent en pure perte car, plantes et bêtes n'assimilent pas tout l'azote dont on les gave (on ingère de force de grandes quantités d'azote et de phosphore dont les plantes et les sols n'ont pas besoin). Le surplus se retrouve en partie dans l'eau du robinet, sous forme de nitrates.

1I-7-2-1- L'azote un élément indispensable à la vie des plantes mais polluant de la nature

L'azote est un élément chimique indispensable au développement et à l'entretien de la vie. Il entre dans la composition des acides aminés c'est-à-dire des molécules organiques qui constituent les protéines des plantes et des animaux. L'air de l'atmosphère en contient 79 %, mais beaucoup de plantes, les céréales notamment, ne sont pas capables de fixer directement cet azote libre; elles ne savent l'assimiler que sous forme minérale: nitrates essentiellement. Ces nitrates leur sont apportés soit par les engrais⁵³, soit par la matière organique enfouie dans le sol (résidus des précédentes récoltes, humus, fumier, compost...). Cette dernière ne fournit des nitrates qu'après avoir subi une transformation bactérienne appelée «minéralisation». Certains engrais ont également un effet différé: il faut quelques jours pour que la matière azotée qu'ils contiennent se change en nitrates. Mais, de même qu'un homme qui mange trop de graisses se retrouve avec du cholestérol dans le sang, la plupart des champs de nos contrées, suralimentés en azote, dégorgent leur trop-plein dans les rivières et les nappes souterraines. Si cette pollution, dénoncée depuis des années, suscite actuellement un tel émoi, c'est parce qu'elle a été aggravée par un malheureux concours de circonstances.

Par manque d'eau, les plantes poussent moins que prévu et absorbent donc moins de nitrate. Mais, cela, les agriculteurs ne peuvent pas le savoir quand ils épandent leurs engrais. Pour eux le calcul est simple : il faut tant de kilogrammes d'azote pour faire tant de quintaux de récolte : exemple, il faut environ 3 kg d'azote pour faire un quintal de blé, 2,3 kg pour un quintal de maïs, etc. ils déterminent donc la quantité d'engrais en fonction du rendement espéré. Ainsi, pour un rendement attendu de 70 quintaux de blé à l'hectare, ils répandront sur cet hectare 210 kg d'azote et même plus.

Avec la sécheresse, ce supplément est devenu excès, et celui-ci s'ajoute aux nitrates inutilisés d'une plus faible pousse. Quant l'été et l'automne sont chauds, cela favorise l'activité des micro-organismes qui transforment en nitrates l'azote des matières organiques enfouies dans le sol. Ces nitrates « naturels », parfaitement

⁵³ Les engrais azotés agricoles, notamment ceux épandus sous forme liquide sont une source d'acide nitrique susceptible d'acidifier les eaux météoritiques. Portés par les vents dominants, une bonne partie des pluies acides de Scandinavie résultent des polluants accumulés par les masses d'air venant de la mer lorsqu'elles ont survolé l'Angleterre, la France et l'Allemagne.

assimilables par les plantes, sont aussi parfaitement lessivables par les pluies, pour peu que les sols soient restés nus après la récolte, ce qui arrive de plus en plus fréquemment, surtout depuis que l'on abandonne les prairies permanentes et les cultures d'hiver (blé ou orge) et que l'on sème tout au printemps (céréales, betteraves, soja, pois, tournesol, etc.). Les pluies brutales de la fin janvier et du début février lessivent en quelques jours des sols seulement nus, mais fissurés et rétractés, c'est-à-dire trop secs pour absorber et retenir une grande quantité d'eau. De ce fait, tous les éléments minéraux solubles, et en premier lieu les nitrates, sont entraînés vers les nappes et les rivières.

La présence de nitrates excédentaires dans le sol a essentiellement deux origines:

- une fertilisation supérieure aux besoins de la culture, ne tenant pas compte des réserves azotées du sol (le reliquat) et souvent apportée au mauvais moment;
- le manque de couverture végétale des terres pendant l'hiver.

Certains agriculteurs oublient que toutes les plantes ne sont pas également gourmandes en azote. Si les prairies ont besoin de 250 à 300 kg par hectare, la plupart des cultures se contentent de la moitié, et les légumineuses (luzerne, pois, soja) peuvent, elles, complètement s'en passer, puisqu'elles fixent l'azote de l'air par l'intermédiaire de bactéries vivant en symbiose avec leurs racines. C'est le colza qui est le plus glouton (plus de 200 kg par hectare), suivi par la pomme terre, le blé, la betterave et le maïs. Le tournesol, en revanche, ne supporte pas plus de 80 kg à l'hectare, car, au-delà, il devient extrêmement sensible à certains champignons (*Phomopsis*, *Sclerotinia*), et ses graines parviennent alors difficilement à maturité. Il faut également savoir que les cultures ne laissent pas dans le sol, après leur récolte, le même reliquat d'azote. Ce dernier dépend de la nature de la plante, de la quantité de résidus qui sont enfouis, etc. Seules des analyses du sol peuvent déterminer l'importance de ce reliquat (qui, en plus, se cumule souvent avec le solde années précédentes). En France, par exemple la consommation globale d'engrais azotés est passée de 2 millions en 1982 à 2,6 millions de tonnes en 1989, pour une surface fertilisable en très légère régression. L'explication de cette augmentation est la recherche constante de la performance, dite de rendements de plus en plus élevés. Si l'on devait établir un classement des plus gros utilisateurs de nitrates, les céréaliers l'emporteraient de loin.

En 1987, les céréales, bien qu'occupant moins du tiers des surfaces fertilisables, ont accaparé la moitié des engrais azotés, alors que les prairies et les cultures fourragères, qui mobilisaient plus de la moitié des surfaces, en ont reçu moins du tiers. A lui seul, le blé tendre, qui occupait 16 % des surfaces fertilisables, a bénéficié de 31 % du tonnage consommé, la quantité épandue à l'hectare étant passée de 108 kg en 1977 à 172 kg dix ans plus tard. Ces apports élevés d'azote, s'ils sont absorbés par les cultures, ne présentent aucun danger pour les nappes phréatiques, en revanche, au moindre incident, ils deviennent une sérieuse menace pour l'environnement. Que des gelées persistantes, une sécheresse prolongée ou des champignons pathogènes viennent à compromettre les récoltes, et c'est la catastrophe... écologique.

Tous les sols n'ont pas le même comportement : certains sont plus poreux que d'autres et gardent moins bien l'azote. Il faut donc augmenter les doses. La dose maximale conseillée pour le maïs est de 135 kg d'azote par hectare sur sol limoneux profond, et de 225 kg sur sol superficiel irrigué. Il existe même des sols qui ont un pouvoir épurateur : ainsi, lorsque l'eau traverse des couches riches en pyrite (sulfure de fer), elle active des bactéries spécifiques du soufre (*Thiobacillus*) qui éliminent les nitrates.

"Nombreux sont les agriculteurs qui mettent une fois et demie la dose conseillée, et trop rares ceux qui gèrent leurs sols à l'économie, s'appuyant sur l'azote organique laissé par une succession de cultures judicieuses et le complétant au besoin par un compost ou du fumier". (LAUWERYS R., 1982) [38]

11-7-2-2- Les pesticides : des composés chimiques mal utilisés en agriculture

Les pesticides (insecticides, raticides, fongicides, et herbicides) sont des composés chimiques dotés de propriétés toxicologiques, utilisés par les agriculteurs pour lutter contre les animaux (insectes, rongeurs) ou les plantes (champignons, mauvaises herbes), jugés nuisibles aux plantations. Le premier usage intensif d'un pesticide, le DDT, remonte à l'époque de la seconde guerre mondiale. Si les pesticides sont d'abord apparus bénéfiques, leurs effets secondaires nocifs ont été rapidement mis en évidence. Leur toxicité, liée à leur structure moléculaire, ne se limite pas en effet aux seules espèces que l'on souhaite éliminer.

Ils sont notamment toxiques pour l'homme. Les principaux pesticides utilisés actuellement appartiennent à quelques grandes familles chimiques :

Les organochlorés (hydrocarbures chlorés), comme le DDT synthétisé dès les années 1940, sont des pesticides très stables chimiquement. Le DDT a été utilisé partout dans le monde dans la lutte contre les insectes, jusqu'à ce que l'on découvre qu'il était peu dégradable et pouvait se concentrer dans les organismes en bout de chaîne alimentaire, par bio-accumulation, avec des risques certains pour la santé humaine. Son utilisation est aujourd'hui interdite dans de nombreux pays tempérés, mais on en trouve encore beaucoup dans les milieux aquatiques. En outre, ils continuent à être employés dans certains pays tropicaux.

Les organophosphorés sont des composés de synthèse qui se dégradent assez rapidement dans l'environnement mais qui ont des effets neurotoxiques sur les vertébrés.

Les pyréthroïdes sont des insecticides de synthèse très toxiques pour les organismes aquatiques. Une pollution accidentelle des eaux par ces composés peut être dramatique.

Les carbamates, très toxiques, sont utilisés comme insecticides et fongicides.

Les phytosanitaires, qui regroupent un très grand nombre de produits de la famille des triazines ou des fongicides, représentent plus de la moitié du tonnage annuel des pesticides utilisés en France. Ces produits réagissant avec le sol lors de leur migration (piégeage, relargage, spéciation), l'évaluation de leur devenir et de leur impact se révèle difficile.

11-7-2-3- Le rejet animal: un mélange nauséabond d'urine et de matières fécales polluant les nappes phréatiques

Les chercheurs ont démontré depuis déjà longtemps que l'industrie n'est pas seule à blâmer dans l'augmentation de l'effet de serre : "*les fermes et les vaches ont aussi leur part de responsabilité*".

Ce qui est surprenant dès qu'il est question de pollution animale, les porcs sont toujours les accusés. Pourtant les déjections porcines ne représentent, par exemple en Bretagne, que 30% des apports d'azote d'origine animale, contre près de 55 % pour les déjections bovines et 15 % pour les excréments de volailles. Alors, pourquoi les porcs sont-ils, les boucs émissaires?

Parce que les porcheries industrielles où les animaux sont élevés sur caillebotis et sans litière, produisent des excédents de lisier dont on ne sait plus quoi faire.

Un peu partout, des recherches sont menées dans différentes directions pour réduire les excédents ou en limiter les nuisances de ce mélange nauséabond d'urine, et de matières fécales (le lisier). En attendant, les nitrates excédentaires, qu'ils proviennent des engrais, du lisier ou de toute autre matière organique non assimilée par les plantes, continuent de polluer les eaux.

Une nappe souterraine est un mélange d'eaux infiltrées au cours des saisons : d'eaux récentes (un ou deux ans), issues des zones surplombant immédiatement la nappe, et d'eaux anciennes (dix ans et plus) venues des confins du bassin versant. La pénétration verticale des nitrates est elle-même plus ou moins rapide : selon la nature du sol, elle varie entre quelques dizaines de centimètres et quelques mètres par an.

Les teneurs en nitrates des eaux puisées aujourd'hui dans les nappes intègrent les apports des six à quinze dernières années. Inversement, même si demain, on interdisait tout épandage de nitrates, on en retrouverait encore dans l'eau pendant une quinzaine d'années. C'est dire que toute action réparatrice mettra du temps à porter ses fruits.

11-8- POLLUTION DE L'EAU

Les matières organiques ont longtemps été les principaux polluants des milieux aquatiques. Elles proviennent des déchets domestiques (ordures ménagères, excréments), agricoles (lisiers) ou industriels (papeterie, tanneries, abattoirs, laiteries, huileries, sucreries...), lorsque ceux-ci sont rejetés sans traitement préalable. *"Une ville d'un million d'habitants, consomme 2000 tonnes de denrées alimentaires par jour, 625000 tonnes d'eau, et 9500 tonnes de combustibles. Elle produit 950 tonnes de toxiques qui polluent l'atmosphère, et rejette 500000 tonnes d'eaux usées".* (ALBRECH.J 1996) [39]

Une ville de 100 000 habitants par exemple déverse environ 18 tonnes de matière organique par jour dans ses égouts⁵⁴.

⁵⁴ (Javascript : open window.// glossaire/develop.html: ordorganique: petite 500,200)

Certaines substances organiques sont facilement biodégradables et peuvent donc être décomposées et éliminées grâce aux capacités naturelles d'autoépuration des milieux aquatiques. Mais, lorsqu'elles sont en excès, leur décomposition peut entraîner l'asphyxie de la faune aquatique. En cas de forte pollution, la vie végétale aussi tend à disparaître.

11-8-1- Les causes de pollution des eaux naturelles

Le milieu naturel récepteur des rejets de l'activité humaine subit des altérations. Les causes de pollution des eaux naturelles sont de nature chimique et d'origine très variées:

- Les eaux usées des ménages privés contiennent essentiellement des substances biodégradables (graisses, protéines, agents tensioactifs) et des produits chimiques ménagers (composés chlorés entre autres);
- Les eaux usées de l'industrie et du commerce contiennent des substances aisément et difficilement biodégradables, métaux lourds et composés carboniques,
- La production agricole: rejettent par exemple des substances nutritives (nitrate, phosphate), etc. et pesticides ;
- Les polluants atmosphériques par exemple oxyde d'azote et anhydride sulfureux;
- Les anciennes décharges: par exemple métaux lourds, hydrocarbures;
- L'utilisation de substances dangereuses pour l'eau;
- La navigation: déversements de pétrole;

11-9- LA POLLUTION ODORANTE

La perception de l'odeur résulte de la présence dans l'environnement de composés gazeux (soufrés, azoté, aldéhydes et acides gras volatils), et notamment de composés organiques volatils (COV) de faibles poids moléculaires (inférieur à 100 g/mol). Il faut ajouter à ces composés l'hydrogène sulfuré et l'ammoniac.

Les odeurs sont généralement dues à une multitude de molécules différentes, en concentrations très faibles, mélangées à l'air que nous respirons. La plupart des composés odorants sont détectés à des niveaux très faibles par rapport aux niveaux toxiques. A l'inverse, les gaz très toxiques comme le monoxyde de carbone n'ont aucune odeur. ([http:// wikipedia.org/wiki/Pollution_olfactive](http://wikipedia.org/wiki/Pollution_olfactive)).

Selon le code de l'environnement, il y a pollution odorante, si l'odeur est perçue comme "une nuisance olfactive excessive".

La pollution olfactive qui ne présente pas d'impact écotoxicologique, mais qui a pour conséquence d'induire une gêne pour les personnes qui la subissent dégrade l'environnement. À la différence des pollutions, la pollution odorante, ne provoque pas nécessairement d'effet néfaste sur la santé humaine et/ou sur le plan écologique. Toutefois, elle est perçue à juste titre par ceux qui y sont exposés comme une modification défavorable de l'environnement.

Les sites potentiellement à l'origine d'odeurs sont : l'agriculture (élevage), les industries agro-alimentaires, les raffineries de pétrole, l'industrie chimique, les stations d'épuration, et les activités de traitement des déchets. Les composés odorants émis par un site sont susceptibles de provoquer une gêne pour les riverains en fonction notamment des paramètres suivants : les seuils olfactifs des composés, leurs concentrations, la nature du mélange, la direction et la vitesse du vent mais aussi la sensibilité des personnes.

La pollution olfactive constitue le deuxième motif de plaintes après le bruit ; cette importance donnée aux odeurs par le riverain est liée au fait qu'à l'odeur est très souvent associée la notion de toxicité. Cette association est dans la plupart des cas sans fondement puisque les composés odorants peuvent être perçus par l'être humain à des niveaux de concentrations très faibles et en particulier inférieurs aux valeurs limites d'exposition (VLE).

La pollution odorante peut dans certains cas avoir des conséquences graves sur la santé des personnes qui subissent le stress de certaines activités qui génèrent un impact psychologique négatif.

Parmi les principales activités génératrices de nuisances olfactives, on peut citer :

- Raffineries : gaz et systèmes de récupération de gaz, chaudières
- Industrie chimique inorganique : acide phosphorique
- Industrie chimique organique : pharmacies, insecticides...
- Stations d'épuration des eaux usées
- Industrie papetière
- Déchets divers : ordures ménagères, déchets de poissons, déjections d'animaux
- Élevage intensif et concentré (porcs, bovins, volailles, etc.)
- Épandage en surface (lisiers, boues, produits de traitement, etc.)

- Traitement de sous-produits d'animaux : équarrissages, fondoirs, hydrolyse des plumes, déshydratation des fientes de volailles, etc.
- Sidérurgie
- Industrie agroalimentaire : levures, sucre, alimentation animale

Les odeurs peuvent être mesurées par un olfactomètre qui permet d'exprimer la concentration de l'odeur en Unité d'Odeurs Européenne par mètre cube d'air (*oue*/m³). En France, le laboratoire d'olfactométrie EOG - Groupe GED est accrédité pour la réalisation de ce type de mesures olfactométriques sur des échantillons d'air odorants.⁵⁵ En Allemagne, on peut également citer le laboratoire ECOMA⁵⁶.

Conclusion

Dans ce second chapitre qui traite des modifications climatiques, nous avons essayé de montrer le caractère inquiétant de la pollution dans toutes les régions du globe.

Les années 1980, ont montré les bouleversements qui se sont mis en place, pour que toute la géographie du monde change. Beaucoup de pays sont exposés aux risques des inondations, et de sécheresse, et beaucoup d'autres risquent d'être rayés définitivement de la carte. Le réchauffement de la planète est un problème planétaire.

Pour lutter contre la pollution atmosphérique qui est aujourd'hui, un sujet d'inquiétude de tous les habitants de la Terre, les pays industrialisés ont mis en place un ensemble de mesures de nature réglementaire (normes d'émission, contrôles des établissements classés, zonage ...), mais aussi des taxes sur les émissions. Dans les pays au trafic routier intense, ont été introduites des lois pour la protection de l'air, fixant des limites pour les évacuations de gaz nocifs provenant des véhicules, et des normes qui prévoyaient un maximum de concentration admissible.

Le développement et l'accroissement des villes, l'augmentation du nombre d'habitants sur cette terre depuis les 50 dernières années, la consommation de plus en plus forte de combustibles fossiles, et l'accroissement du nombre de véhicules, sont autant de facteurs qui aggravent la dégradation de l'environnement.

⁵⁵ ([http:// wikipedia.org/wiki/Pollution_olfactive](http://wikipedia.org/wiki/Pollution_olfactive))

⁵⁶ (<http://www.cofrac.fr>)

CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

Les principaux pollueurs, mis en cause aujourd'hui dans le bouleversement de la planète sont l'agriculture consommatrice d'énormes quantités d'engrais et de pesticides, l'industrie, et le transport. Par les rejets qu'ils produisent et qui se propagent sur de longues distances, bien souvent au-delà des frontières des pays émetteurs, tous les milieux naturels (atmosphérique, terrestre et aquatique), se trouvent alors infectés. Les atteintes à l'environnement que l'on observe sont si abondantes, que la planète elle-même et les hommes toujours plus nombreux, sont menacés à terme dans leur existence. Dans ce monde d'aujourd'hui où les frontières du domaine bâti reculent toujours, et où les banlieues s'étendent et consomment du sol, et des ressources fragiles de manière toujours accrue, les habitants de la Terre sont préoccupés par la diminution de la couche d'ozone qui est à l'origine du changement climatique, du réchauffement de la planète, de la destruction de nombreux écosystèmes, et de la disparition de nombreux êtres vivants (plantes et animaux). Les neiges éternelles installées depuis de longues dates sont en train de fondre sous l'effet du réchauffement de la planète. La calotte glaciaire du pôle nord qui nous a tant appris sur l'aggravation de la pollution, et qui nous a fait signaler à plusieurs reprises que la planète Terre est entraînée de subir les effets de la pollution, va dans quelques années disparaître, et ne fera plus partie du paysage du monde de demain. L'augmentation de l'effet de serre, phénomène combien indispensable au maintien de la vie sur Terre, risque d'être le facteur qui va accélérer dans les prochaines années, la disparition de nombreux êtres vivants, diminuer quantitativement et qualitativement les ressources en eau, et rabaisser les rendements agricole dans de nombreux pays du monde dont l'Algérie fera partie. A l'échelle mondiale l'élévation du niveau marin a des implications énormes parce que 20% de la population mondiale vit à moins de trois mètres d'altitude.

Pollution de l'air, pollution des eaux, et pollution du sol et du sous-sol sont responsables de la dégradation de l'environnement. Ces pollutions mettent en danger la survie de l'homme, et celle d'une multitude de milieux vivants. Les espèces animales et végétales nécessaires à l'équilibre de l'environnement, disparaissent d'année en année. Alors que l'environnement se dégrade de façon alarmante, on ne cesse depuis fort longtemps déjà, de parler de la mise en place d'un développement durable auquel l'humanité tout entière a fondamentalement droit à une vie saine, et productive en harmonie avec la nature.

Références

- [1] MATEI.B et PASCU.U, 1974 " Pollution et protection de l'atmosphère, éd Eyrolles, Paris, p 126
- [2] JEAN-YVES.D et al, 1999 "Science de la terre et de l'univers", éd Marc Jammet, Paris, p 260
- [3] Algérie Environnement n°2, 1999, " L'environnement en Algérie : Un secteur en quête de renforcement" p 15
- [4] LIEBARD. A, DE HERDE. A, 2005, "Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatique, Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable", Edition LE MONITEUR, p265
- [5] JEAN-YVES. D, et al, 1999 "Science de la terre et de l'univers", éd Marc Jammet, Paris, p 255
- [6] MAGI. L, 1998 " Surveillance de la qualité de l'air et de l'eau, pp16-20" Energie et Environnement : la synergie nécessaire, TECHNIQUE MODERNE N° 56667
- [7] MARC SATIN, BACHIR SELMI, 1999 "Guide technique de l'assainissement", Le Moniteur, Paris, p 27
- [8] JEAN-YVES. D et al, 1999 "Science de la terre et de l'univers", éd Marc Jammet, Paris, p 138
- [9] idem, p 138
- [10] T.S.M n° 1, 1996 " La Pollution Atmosphérique d'Origine Automobile", p 17
- [11] BISSON.M, 1986: " Prendre conscience de la pollution atmosphérique", Secrétariat d'Etat à l'environnement, 29p
- [12] Pollutions olfactives, 2005 P 28
- [13] MATEI.B et PASCU.U, 1974 " Pollution et protection de l'atmosphère, éd Eyrolles, Paris, p 61
- [14] DECAMPS.E, et TOUBON.P 1998
- [15] idem (DECAMPS.E, et TOUBON.P, 1998)
- [16] RIAZANOV.V.A, 1971
- [17] MATEI.B et PASCU.U, 1974 " Pollution et protection de l'atmosphère, éd Eyrolles, Paris, p 142
- [18] opcit DECAMPS.E et TOUBON.P, 1998)
- [19] Le Végétal et l'Architecture, (1985)
- [20] . AFALO.S.S 1993 "Surveillance de la qualité de l'air et de l'eau, pp16-20
- [21] T.S.M n° 1, 1996 " La Pollution Atmosphérique d'Origine Automobile", p 21
- [22] Prendre conscience de la pollution, Secrétariat d'État à l'Environnement [4]
- [23] AL GORE, 2007 "La vérité qui dérange"
- [24] EDMOND DECAMPS., et TOUBON.P, 1998, "Press Universitaire de France, 123p
- [26] JEAN-YVES. D et al, (1999) "Science de la terre et de l'univers", éd Marc Jammet, Paris, p 256
- [27] GOUDET.J.L, 2006, " Effet de serre : le méthane avance caché" http://www.futura-sciences.com/fr/sinformer/actualites/news/t/high-tech/d/effet-de-serre-le-methane-avance-cache_9705/
- [28] BOUSQUET.P, 1999 http://www.futura-sciences.com/fr/sinformer/actualites/news/t/high-tech/d/effet-de-serre-le-methane-avance-cache_9705/
- [29] (Académie d'Agriculture, 1999, p26
- [30] JEAN-YVES. D et al, 1999 "Science de la terre et de l'univers", éd Marc Jammet, Paris, p 256
- [31] ALGORE, (2007),
- [32] idem

- [33] ANDRE GAMBIN.A, 1998, L'érosion entre nature et société, édition SEDES, p69
- [34] ALGORE, (2007) "Une vérité qui dérange"
- [35] MATEI et PASCU, (1974) " Pollution et protection de l'atmosphère, éd Eyrolles, Paris, pp 92-93
- [36] LAUWERYS.R, (1982) "Toxicologie industrielle et intoxication professionnelles", Ed Masson, Paris, p 451
- [37] ANTOINE S, METTELET Christian, 1996 : "Bien gérer votre commune aujourd'hui pour le XXIe siècle". Paris, Comité 21, 1996.- 33 p.
- [38] op.cit.p82
- [39] ALBRECH.J 1996 " La Pollution Atmosphérique d'Origine Automobile", T.S.M, p 16

DEUXIÈME PARTIE

**CONSTANTINE : UNE MÉTROPOLE RÉGIONALE QUI SE
DÉVELOPPE ET SE DÉGRADE**

DEUXIÈME PARTIE

CONSTANTINE : UNE MÉTROPOLE RÉGIONALE QUI SE DÉVELOPPE ET SE DÉGRADE

INTRODUCTION

Constantine est une ville métropole de l'Est algérien qui s'est largement développée en volumes construits sous forme d'équipements administratifs et de services, d'installations industrielles, d'habitations collectives, de lotissements, d'habitations informelles, et d'habitations précaires. Sa croissance désordonnée par un apport croissant d'habitants issu d'un exode rural massif, et d'un important croît démographique, a rendu difficile toute forme de contrôle de ses limites.

Constantine a connu depuis le début du 20^{ème} siècle, l'installation des premiers bidonvilles⁵⁷ qui ont dénaturé le paysage et pollué l'environnement, mais aussi la construction d'un quartier administratif européen sur la colline du Coudiat arasée lors de la visite de Napoléon III à Constantine en 1865.

La création de nombreux bidonvilles, et d'habitations illicites en dur dans les zones à fortes pentes et à stabilité fragile, a accéléré le phénomène de la ruralisation de Constantine, phénomène qui s'amplifie et qui s'accroît à un rythme accéléré par la taille, et par le nombre de ces entités rurales, à Ouled Braham, au 4^{ème} kilomètres, sur les berges du Rhumel, au voisinage de la médina, au Mansourah, faubourg Lamy, Bardo, etc.

Depuis l'indépendance de l'Algérie en 1962, Constantine s'est largement développée sur les sites des collines, des plateaux, et des vallées. L'installation de grands complexes industriels, de zones d'habitations urbaines nouvelles (Z.H.U.N), et de grands équipements (universitaires, sanitaires, sportifs, d'administration ou de services, etc.), ont traduit par leur empreinte, la volonté politique de l'Etat de faire de Constantine, une grande ville universitaire, industrielle, sanitaire, et tertiaire.

Sur le plan spatial et environnemental, tout cela s'est traduit par l'éclatement de Constantine sur son site difficile. Désordres et mauvaises gestions dans le secteur du foncier ont bouleversé alors le fonctionnement, et le développement de la ville.

⁵⁷ C'est pendant les années 1930 où les campagnes algériennes étaient à l'origine de l'émigration vers la France ou vers les grands centres urbains, qu'une nouvelle forme de croissance spatiale s'installe à Constantine sous forme d'habitation précaire. Depuis cette date, les premiers bidonvilles marquent alors de leur empreinte; le paysage de cette ville pittoresque.

Difficile de gérer cette ville de plus de 500.000 habitants qui ne trouve toujours pas de solution pour son équilibre et son extension qui fut tributaire du report de sa croissance sur les anciens villages d'origine coloniale, puis sur la ville nouvelle de Ain el Bey en construction; Constantine s'accroît indéfiniment dans un manque de cohérence et d'organisation.

Les problèmes d'instabilité des sols sur lesquelles reposent à la fois les habitations précaires, les habitations de la vieille ville, les constructions héritées de la colonisation, et celles construites après l'indépendance, sont devenus une préoccupation qui inquiète toute la population. Aujourd'hui, est posée avec acuité, la question de savoir comment assurer un développement harmonieux de la ville de Constantine, et éliminer toutes les constructions qui intensifient la pollution urbaine. Pollution, nuisances et insalubrité constituent par ailleurs une autre forme d'inquiétude qui résulte de l'éclatement urbain, de la dégradation de la nature et agression de l'environnement. Ainsi, le paysage, et l'environnement de Constantine se dégradent faute de son étalement anarchique, et de son accroissement démographique.

CHAPITRE I : SITE ET SITUATION DE CONSTANTINE

"La ville est inséparable de son environnement; son évolution s'explique à partir de sa situation géographique, des conditions climatiques et météorologiques auxquelles elle est soumise, de sa structure économique et de son héritage historique". (GIEDION. S, 1978) [1]

Introduction

Ville d'un demi-million d'habitants installée dans une assiette urbaine d'environ 5.500 ha, Constantine présente une densité de peuplement très forte, si l'on élimine les zones inconstructibles et boisées.

Par sa taille, Constantine est la troisième ville d'Algérie, après Alger et Oran. Située au Nord Est du pays, abritant les 2/3 de la population totale de la Wilaya, Constantine joue le rôle de capitale régionale de l'Est algérien. Constantine est une ville universitaire⁵⁸ qui a connu la première construction universitaire de l'Algérie indépendante. Connu par ses ponts qui enjambent les gorges du Rhumel, Constantine abrite un ancien noyau appelée "la vieille ville"⁵⁹.

Installée sur un Rocher de 40 hectares, cette entité urbaine qui porte encore aujourd'hui la marque de la période Ottomane, Arabe, et celle de la période coloniale Française est unique par son architecture, et par le site sur lequel elle est enracinée. Trois rues⁶⁰ d'un tracé linéaire traversent la vieille ville sur toute sa longueur, structurent différemment la partie haute de la vieille ville occupée par une population européenne et par les militaires de la colonisation française. La rue Larbi Ben M'hidi (ex rue Nationale), constitue la frontière entre les deux parties qui vivent en parfaite osmose. Diversité de paysages naturels, variété des sites construits, hétérogénéité d'architecture datant des siècles derniers, multiplicité d'entités urbaines en ruptures, prolifération d'entités urbaines illicites entrecoupées par la nature du relief et de la topographie, font de Constantine une ville mosaïque qui s'étale en surface.

⁵⁸ Constantine chef lieu de wilaya est dotée d'une université moderne. Le projet de l'université de Constantine fut confié au brésilien Oscar Niemeyer en 1968. L'université de Ain El Bey se caractérise par sa position spatiale prédominante : la tour administrative domine le paysage.

⁵⁹ La vieille ville dont les premières constructions datent de plus de 2500 ans, est aujourd'hui le cœur de Constantine. On y trouve un grand nombre de commerces, d'administrations, de services, et des avenues assez larges qui convergent vers la place de la Brèche.

⁶⁰ Les trois rues qui traversent la vieille ville sur toute sa longueur, est une réplique à échelle réduite des percées Haussmanniennes dans la ville de Paris.

I-1- PRESENTATION DE LA WILAYA

Le découpage administratif de 1974 a réduit considérablement en superficie le territoire de la wilaya de Constantine en élevant au rang de chef lieu de wilaya, les villes de Skikda et Jijel. Avec le nouveau découpage de 1984, la wilaya de Constantine a subi encore une fois une diminution de son aire géographique, lorsque Mila promue chef lieu de wilaya annexera les dairates de Chelghoum Laid, Tadjenanet, Oued El Athmania, et Grarem. Les douze communes de la wilaya de Constantine sont : Constantine (chef lieu de wilaya), El Kroub, Ouled Rahmoune, El Haria (Ibn Badis), Ain Abid, Ain S'mara, Zighoud Youcef, Didouche Mourad, Beni Hmidène, Ain Kerma, et Hamma Bouziane. (Fig n°5)

De part sa position géographique, la wilaya de Constantine se trouve limitée au Nord et Nord-Est par la wilaya de Skikda, à l'Ouest par la wilaya de Mila, à l'Est par la wilaya de Guelma, et au Sud par la wilaya d'Oum-El-Bouaghi. A travers la wilaya, l'altitude varie entre 300 mètres dans la vallée du Rhumel, et 1350 mètres à djebel Sidi Driss. Constantine qui n'est pas tellement montagneuse dispose du massif du Chettaba au Sud-Ouest de la wilaya, du djebel Oum Settas au Sud-Est, du djebel Ouahch au Nord-Est, et du djebel Driss au Nord Ouest. Le patrimoine forestier compte au total 17334 hectares, soit 7,5% seulement de la superficie de la wilaya dont 11000 hectares de pin d'Alep, 1600 hectares d'Eucalyptus, 1200 hectares de chêne liège, 1800 hectares de Pin Pignon, de Cyprès et divers, puis de 1700 hectares de maquis et chêne verts. (BOUREHDA. A, 1998) [2] Les incendies de forêts qui contribuent à l'intensification de la pollution, enregistrent chaque année des centaines de foyers d'incendies. Pour l'année 2007, la direction générale des forêts (DGF) avait enregistré 933 foyers d'incendies ayant parcouru une superficie totale de 16.941 hectares, dont 8.437 hectares en forêts.

La wilaya de Constantine constitue dans sa totalité un grand bassin versant pour quatre barrages dont environ 80% de sa superficie relève du bassin versant du barrage de Beni-Haroun, situé à 60 kilomètres de Constantine, sur la route nationale n° 27 qui relie Jijel à Constantine. Le barrage de Beni Haroun dont la mise en service en septembre 2007 a permis de transférer vers la wilaya de Constantine un volume qui avoisine les 120.000 m³. Dans le cours terme, ce volume va être porté à 200.000 m³/j pour atteindre les 260.000 m³/j, ce qui permettra de régler définitivement le problème de l'AEP du groupement de Constantine.

Photo n°32 : Le barrage de Beni Haroun



Source : Auteur 2007

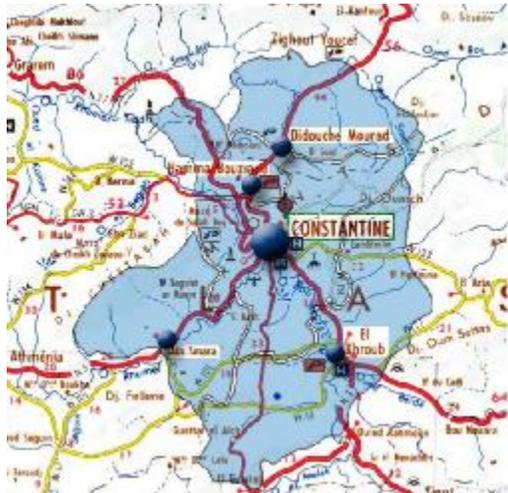
D'une capacité d'environ un milliard de m³, le barrage de Beni Haroun est destiné à assurer l'irrigation des hautes plaines, et l'alimentation de l'agglomération de Constantine par refoulement sur 400 mètres de hauteur, et complémentairement celle des wilayates de Skikda, Batna, Oum el Bouaghi, et Guelma. Il est le plus grand barrage d'Algérie.

La wilaya de Constantine est alimentée en eau souterraine à partir de trois nappes situées sur le territoire de la Mila, il s'agit de la nappe de la plaine du Kroub, la nappe du Boumerzoug, et la nappe Karst hydrothermal de Hamma Bouziane. D'autres ressources en dehors du territoire de la wilaya renforcent l'alimentation en eau potable, il s'agit de la nappe de Fesguia située près de Ain M'lila sur le territoire d'Oum el Bouaghi, la nappe Ain Arko située sur le territoire de la wilaya de Guelma. Jouissant d'une situation géostratégique privilégiée, Constantine est indéniablement un pôle d'attraction, un carrefour d'échange économique et commercial, un centre de rayonnement culturel au niveau de toute la région Est du pays. Constantine est le nœud des grands axes de communication Nord Est, et Est Ouest. Cette situation de grand carrefour lui vaut le rang de capitale régionale. Fig n°4

L'armature du réseau routier qui dessert, la Wilaya se compose de routes nationales : R.N. 5 qui relie Constantine à Alger, R.N. 3 qui relie Constantine -Batna – Skikda, R.N. 10 et 20 Constantine - Tébessa Tébessa et Guelma se raccordant à la RN3, R.N. 27 qui relie Constantine - El Milia – Jijel, R.N. 79 qui relie Constantine - Mila - Ain M'lila. A ce réseau de routes nationales vient s'ajouter celui des routes d'importance secondaires : C.W. 133 - 51 - 101...; et enfin la liaison autoroutière Est-Ouest qui est en cours de réalisation.

"Constantine demeure une wilaya de transition entre le nord caractérisé par un relief accidenté, et le sud caractérisé par la platitude de l'espace (hautes plaines). A égale distance du littoral et des Aurès, Constantine se dresse au contact de deux mondes, la montagne tellienne au nord, les hautes plaines semi-arides au sud". (Côte.M, 1995) [3]

Fig n° 4 : Réseau de routes qui traversent Constantine



Source PDAU de Constantine, 1998

Fig n°5 : Limites de communes de Constantine



I-2- CONSTANTINE : UNE MÉTROPOLE RÉGIONALE AU SITE EXCEPTIONNEL

Capitale de la Numidie sous la dynastie des Massyles, de son nom antique Cirta, elle se fera commander durant 157 ans par Syphax, Massinissa, Micipsa et Jugurtha avant sa conquête par Jules César en 46av/JC. Elle portera le nom de Constantin Le Grand, lors de sa reconstruction en 311 après JC, et s'appela Constantine. Elle succomba aux invasions des vandales (V^o siècle) puis des byzantins (VI^o siècle) auxquelles la décadence de l'Empire romain ouvrit la voie. La conquête musulmane arabe eu lieu en 674.

Située à un carrefour stratégique des routes et silo à blé fort convoité, elle est alors l'une des villes les plus riches d'Afrique. Détruite par Maxence, lors d'une insurrection, Cirta est relevée par les soins de l'empereur Constantin, et prend alors le nom de Constantine⁶¹. Son rocher subit le déferlement des Vandales, puis des hordes byzantines. La conquête musulmane en 674, dirigée par Abou Mouhadjar Dinar, fera de Constantine, une ville qui appartiendra tour à tour aux diverses

⁶¹ Constantine, le nom que porte actuellement la ville des ponts, est entourée de plusieurs histoires et anecdotes. Constantine vient du mot Ksentina qui serait en arabe Ksar Tina (Le château de la reine Tina). "Une autre tradition arabe explique Ksentina par Ksar Tina « le château du figuier ». "Autour du Rocher où s'élève la ville de Constantine, il y avait autrefois beaucoup d'habitations et au sommet de ce Rocher se trouvait un figuier qui rendait des oracles, vers lesquels les N'sara des environs allaient en adoration et en pèlerinage". (F. BENIDIR, 2003). [4]

dynasties musulmanes (Aghlabides, Fatimides, Zirides, Hammadites, Hafsides), qui se succèdent. En 1522, elle devint, avec la présence turque (Empire ottoman), la capitale du Beylek de l'Est. Le plus célèbre, et le plus populaire des beys Constantinois se nomme Salah (1771-1792) qui embellit la ville, fit réparer ses ponts (le pont d'El Kantara démolit depuis cinq siècles), remit de l'ordre dans ses affaires administratives.

Avec à sa tête Bey Ahmed, Constantine résista avec acharnement à la conquête française. Une première expédition française partie d'Annaba avec 7000 hommes échoua le 23 novembre 1836.

Les français lors de la première expédition avaient utilisé les constructions comme refuges leur permettant d'approcher sans grand risque les remparts de la ville. Une nouvelle armée de 10 000 hommes, sous la conduite du général Damrémont, mit le siège le 6 octobre 1837 devant la ville au Mansourah. C'est le général Valée qui, le 13 octobre, réussit à créer une brèche dans le dispositif de défense.

Constantine est une ville unique par son site, son relief, et ses paysages. Le Rocher qui a vu passer les phéniciens, les Numides, les Romains, les Vandales, les Arabes, les Ottomans, les Français, est le site d'une des plus vieilles cités maghrébines appelée Cirta⁶². Sur ce site exceptionnel et particulier, vit en symbiose une vieille ville de plus de 2500 ans, à constructions basses et introverties, aux rues sinueuses et étroites,

et une ville coloniale du 19^{ème} siècle à immeubles relativement hauts, aux rues larges et rectilignes. Le site du Rocher sur lequel la vieille ville est établie à plus de 600 mètres d'altitude, est saisissant et surprenant. Entouré sur les cotés Nord et Est par les gorges profondes du Rhumel, et à l'Ouest par un gigantesque escarpement qui domine de 300 m de dénivellation les jardins du Hamma, le Rocher n'est accessible que par le Sud, par un isthme étroit et pentu (Bab el Oued).

Photo n°33 : La vieille ville de Constantine



Source : Google Earth, 2008

⁶²Cirta est le nom antique de Constantine. Cirta en langue berbère est un composé du mot Cirt qui signifie (moulin) et de Ta (la voici), voici le moulin en langue berbère.

Plusieurs ponts furent lancés sur le ravin à travers les âges, pour relier ce Rocher aux autres sites qui ont permis à Constantine de s'étaler en dehors des limites de la médina. La photo n°33 montre bien le caractère défensif du Rocher.

Photo n°34 : **Le rocher de Constantine, site en rupture**



Source : Auteur 2006

I-3- CONSTANTINE LA VILLE DES PONTS

La ville de Constantine est construite initialement sur un Rocher à plus de 600 mètres d'altitude. Le site du Rocher qui ne pouvait contenir tous les équipements et les installations militaires prévus par la France coloniale, a été relié par des ponts, et des routes creusées dans la roche pour y franchir des obstacles et assurer des liaisons avec les sites de collines et de plateaux (plateau du Mansourah à l'Est, collines argileuses de Boufrika au Sud, collines de Bellevue au sud-ouest). C'est le début du phénomène de l'extension de Constantine qui s'établit en dehors des limites du Rocher. Le franchissement par les ponts de Sidi M'cid, El Kantara, Sidi Rached, et la passerelle Perrégaux, qui enjambent majestueusement les gorges du Rhumel, a permis à la ville de se développer en dehors des limites du Rocher, et de relier entre eux tous les quartiers de la ville. La plupart des ponts d'aujourd'hui, datent du siècle dernier. "*La ville en compte aujourd'hui une douzaine de ponts*". (Marc Côte, 2006) [5]

Situés à des différentes hauteurs sur les gorges du Rhumel, les ponts construits en pierres (Sidi Rached, et El Kantara), et les deux autres ponts suspendus par des câbles en acier (Sidi M'cid et la passerelle Perrégaux), offrent aux visiteurs, et aux touristes la possibilité de contempler la grandeur des gorges du Rhumel, et d'admirer la beauté du site, ainsi que l'architecture de la vieille ville. D'une grandeur imposante, et d'une architecture pour laquelle on éprouve de l'admiration, les ponts de Constantine ont donné à la ville toute sa beauté, son originalité, et sa particularité.

I-3-1- Le pont suspendu de Sidi M'Cid : un ouvrage qui relie deux rochers

La position choisie pour ce pont correspond à la moindre distance qui sépare les deux rives des gorges du Rhumel aux escarpements rocheux, et

difficiles d'accès. Un chemin des touristes permet de visiter les gorges, d'admirer les puissantes falaises, les vestiges des ponts antiques, et de suivre la rivière dans son passage souterrain. Du boulevard de la Yougoslavie qui délimite le Rocher de Constantine par une paroi lisse de la falaise, à 175 mètres au dessus du lit de l'oued, et qui relie le centre ville à l'hôpital en traversant le pont de Sidi M'Cid, l'on peut admirer de très beaux paysages verdoyants : la forêt du Chettaba avec une couverture végétale dense à dominance de chêne vert, et de chêne liège, les jardins du Hamma qui alimentaient autrefois Constantine en légumes et fruits.

En traversant ces tunnels creusés dans la roche au début des années 1912, l'on découvre la présence d'un ascenseur logé dans un puit profond de 156 mètres, où se déroule aussi un escalier métallique de 800 marches. De ce belvédère qui nous permet de se pencher sur la paroi du Rocher, nous découvrons les nouvelles extensions de BÉKIRA établies sous forme de ZHUN, et d'habitations basses : lotissements et habitations évolutives. Les habitations précaires (de Aouinet el Foul et EL Manchar), situées en contrebas, constituent les quartiers insalubres exposés au glissement. Des îlots entiers ont été rasés depuis que les autorités de la ville ont décidé de nettoyer Constantine de cet habitat insalubre, mais il reste encore beaucoup à faire pour faire remplacer ces habitations précaires par des îlots de verdure qui embellissent la ville. Le pont métallique de Sidi M'cid dont les appuis et les fondations sont en maçonnerie de pierre de taille, est ouvert au public en avril 1912 à la même date de la mise en circulation du pont de Sidi Rached.

Installé à 175 mètres au dessus du Rhumel, cet ouvrage long de 164 mètres, large de 5,70 mètres, assure de façon mécanique et piétonne, la liaison du centre ville au centre hospitalo-universitaire de Constantine.

Le pont de Sidi M'Cid symbolise l'époque coloniale. (Photo n°35)

Photo n° 35: Le pont de Sidi M'cid



Source : Auteur 2007

I-3-2- Le pont de Sidi Rached: un pont de pierre symbole de Constantine

Il a été lors de sa construction, le pont de pierre le plus long du monde. Ce pont franchit le Rhumel à 105 mètres de hauteur, sa largeur est de 12 mètres. Le pont

est ouvert à la circulation le 19 avril 1912. Sa construction fut un véritable spectacle permanent où des ingénieurs venaient du monde entier pour examiner le montage du cintre, et l'échafaudage en arc de cercle sur lequel on allait construire la grande voûte. Ce pont de forme curviligne est composé de trois courbes. Il repose sur 27 arches dont 13 ont une ouverture de 8, 80 mètres, une de 30 mètres, et la plus large de 70 mètres. La longueur du pont est de 447 mètres. (photo 35)

Photo n°36 : **Le pont de pierre de Sidi Rached**



Source : Auteur 2007

Le pont de Sidi Rached offre une belle perspective sur la Médina qu'il entoure. Il est visible à partir des hauteurs de l'université, de la place de la pyramide, de la rue de Roumanie. Du pont de Sidi Rached l'on peut découvrir la profondeur des gorges du Rhumel, les constructions de la vieille ville, et une partie de la ville de Constantine. En 1979, des désordres sont observés au niveau du pont de Sidi Rached touché par des glissements.

I-3-3- La passerelle PERREGAUX : un ouvrage de liaison pédestre

Photo n°37 : **La passerelle PERREGAUX**



Source : Auteur 2005

La passerelle Perrégaux de 125 mètres de long est un ouvrage qui permet aux piétons de passer de la rue Larbi Ben M'Hidi au faubourg Gallieni de la gare. Un ascenseur et une cage d'escalier assurent la liaison verticale de ce pont métallique, à la grande avenue Larbi Ben M'Hidi.

Sous la passerelle, un escalier conduit à oued Rhumel en passant près d'une source thermale de Ain Chegga où l'eau est à 28°.

I-3-4- Le pont du Diable

Photo n°38 : Le pont du Diable



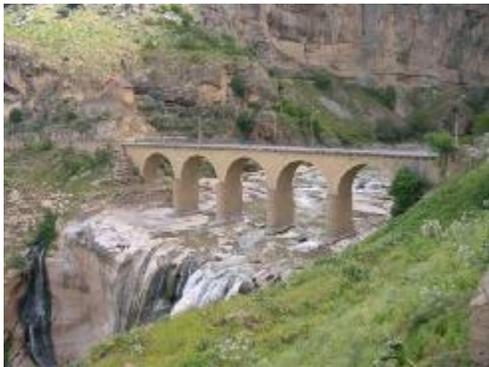
Source : Auteur 2007

Construit par les Turcs au pied du Rocher des Martyrs et près des ruines romaines, ce pont est visible à partir du pont de Sidi Rached. Accessible à partir d'une voie tertiaire reliant la rue de Roumanie, ce pont réunit les deux rives de Oued Rhumel. Sali par le ruissellement des eaux usées, ce pont est très peu visité par le public.

I-3-5- Le pont des chutes

Construit entre 1925 et 1926 à l'aval des gorges du Rhumel, ce pont de pierre aux cinq arches est une œuvre architecturale exceptionnelle, où les eaux du Rhumel forment des cascades qui ont une hauteur de chute de 80 mètres. Le pont des chutes relie par une voie mécanique la piscine romaine. Du pont des chutes, le visiteur ou le touriste, découvre un paysage remarquable, et une vue insolite sur le Rocher.

Photo n°39 : Le pont des chutes



Source : Auteur 2007

Photo n° 40 : le pont des chutes vu à partir du boulevard de l'Abîme



Source : Auteur 2007

I-3-6- Le pont d'El Kantara

Le pont d'el Kantara est construit par Salah Bey en 1712 sur les ruines du pont romain. Le 18 mars 1957, il s'effondra après le passage d'un détachement d'infanterie de l'armée française. Sa réédification a duré trois ans.

Situé au Nord Est du Rocher, le pont El Kantara d'une longueur de 128 mètres enjambe le Rhumel à une hauteur de 125 mètres. Le pont d'El Kantara démolit en 1857, a été reconstruit en 1864 à l'emplacement du pont romain dont les vestiges sont toujours visibles en contrebas.

Photo n° 41 : Le pont d'el Kantara



Source : Auteur 2007

I-4- LE CLIMAT DE CONSTANTINE

A 87 kilomètres de la cote, Constantine jouit d'un climat méditerranéen, mais la présence des monts de Constantine, et l'altitude relativement élevée de la ville (630 mètres), modifient le climat et lui donnent une tendance continentale. Constantine se situe sur la parallèle longitude 32.230 nord, et la parallèle latitude 8.350 est. De part cette situation sur les hautes plaines, Constantine présente toutes les caractéristiques climatiques des villes de l'intérieur du pays. (LAROUC.M, 1984) [6]

"Le climat de Constantine se trouve dans les 3/4 de sa superficie sous l'influence de l'étage bio-climatique sub-humide à hiver frais. N'échappe à cette influence que la partie extrême sud de la wilaya à savoir les communes de Ouled Rahmoune, Ain Smara, et El khroub qui se trouvent sur les limites entre le sub-humide et le semi aride donc, sous l'influence alternée des deux étages bioclimatiques" (Monographie de la wilaya de Constantine, 1988) [7]

I-4-1- La pluviométrie

La pluviométrie moyenne annuelle varie entre 600 et 800 mm/an, notamment dans la région de Zighoud Youcef et Djebel Ouahch, elle décroît dans la direction nord-sud. Dans la région de Ouled-Rahmoune, Ain Smara et El-Khroub, la pluviométrie oscille autour de 400 mm/an. Ces données pluviométriques ont la même irrégularité qui caractérise le régime climatique national.

D'après les données de la station météorologique de Ain El Bey , on peut remarque que l'année est divisée en deux grandes périodes: la période humide, et la période sèche.

La période humide: c'est la période qui s'étale du mois d'octobre au mois de mai soit environ 8 mois. La plus grande quantité est enregistrée au mois de février avec 76,8mm et au mois de décembre avec 62,1 mm. Cette période connaît le plus grand pourcentage 89%.

La période sèche: c'est celle qui s'étale du mois de juin au mois de Septembre. Elle est caractérisée par de faibles pluies de l'ordre de 11 %, et par les fortes chaleurs d'été. En période hivernale la ville de Constantine connaît les problèmes des inondations des routes, l'obstruction des regards et avaloirs d'assainissement, l'aggravation des phénomènes d'érosion, l'intensification des ruissellements des eaux. En période estivale les poussières soulevées par les vents salissent l'intérieur des maisons, et rendent l'air irrespirable. Les plantes meurent par manque d'arrosage, et l'eau dans les robinets est absente pendant plusieurs jours. Le nettoyage des rues sales est difficile, et l'hygiène dans la ville fait défaut.

La construction de retenues collinaires ou de barrages, est la solution qui puisse être entreprise pour retenir les eaux de pluie qui ruissellent, et qui finissent leur trajectoire dans les oueds qui se déversent dans la mer.

La retenue collinaire d'Ain S'mara que l'on voit sur la photo n°42, est entourée par des sites de collines, et de montagnes. Ces dernières, rajoutent beauté et esthétique à cet espace "naturel".

Noyé dans la verdure en saison du printemps, cette unité écologique formant un espace bleu, crée un micro climat où se développe la vie aquatique. L'enrochement installé aux bords de cette retenue permet d'assurer une meilleure consolidation des parties supérieures qui la délimitent. Aux visiteurs qui arrivent, admirablement surpris par la présence de ce lieu, ils trouvent l'occasion de pêcher ou de se reposer face à un paysage où la nature domine.

Photo n°42 : La retenue collinaire du 7^{ème} Kilomètres à Ain S'mara



Source : Auteur 2007

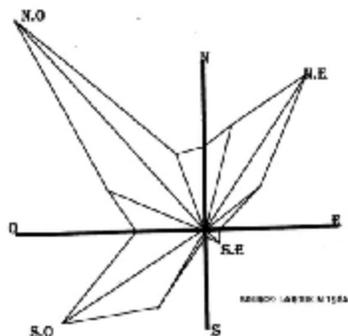
I-4-2- Le vent : un facteur d'érosion et de pollution

Le vent est un élément météorologique très important, qu'il faut étudier afin de mieux protéger la ville et les habitants, contre la pollution atmosphérique, et

contre toutes les formes de nuisances qui lui sont associées. Le vent en tant que paramètre météorologique, est important quant au choix d'un meilleur site pour les constructions, et d'un bon emplacement pour la végétation. Les vents n'influent pas seulement sur le végétal, mais ils posent d'énormes problèmes à la ville, c'est à dire qu'ils ramènent les fumées, et les odeurs des décharges publiques situées au sud de la ville, ainsi que la pollution de certaines industries et équipements (cimenterie, incinérateurs d'hôpitaux, et autres) qui entourent la ville.

A Constantine, les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest, et du Nord-Est. En général, ces vents sont humides et froids, et donnent des précipitations importantes surtout en hiver et automne. *"Ils représentent en nombres d'heures par an 68.3% de l'ensemble des vents qui soufflent sur Constantine. Ils sont plus importants durant la période d'hiver et d'automne"*. (LAROUK.M 1984) [8]

Fig n°6 : **Rose des vents**



Source : LAROUK, 1984

Les fréquences des vents relevées, et illustrées par la rose des vents donnent des vents dominants de direction Nord-Est, Nord-Ouest, et secondaires du Sud Ouest. Ces derniers de provenance intérieure, soufflent du Sahara, et constituent le Sirocco, vents desséchants, observés 24,6 jours par an, durant la période estivale de juin à septembre.

I-5- LE SITE DE CONSTANTINE

S'étalant sur une superficie d'environ 5500 hectares, Constantine s'est développée à la fois sur les sites du Rocher, des collines, des plateaux, et des vallées. En un temps relativement court, la ville de Constantine s'est étalée dans toutes les directions. Les nouvelles formes d'urbanisations établies en discontinuité avec le Rocher, et la ville coloniale n'ont fait qu'accentuer le dysfonctionnement, et la dépendance des nouveaux quartiers vers le centre. Constantine qui s'est beaucoup étalée en surface tout au long de la période coloniale, s'est éclatée dans tous les sens après l'indépendance. Aujourd'hui elle déborde en dehors de ses limites d'urbanisation, reporte sa croissance sur les anciens villages d'origine coloniale, et sur la ville nouvelle de Ain El Bey en construction.

I-5-1- Le site du Rocher

"Vue d'avion, la vieille ville dresse vers le ciel la masse de son Rocher comme inchangée depuis 2000 ans". (Marc Côte 2006) [9] Constantine est construite sur un rocher à plus de 600 m d'altitude, 664m au point le plus élevé de la Casbah au Kef Chekara, et 564 m au point le plus bas situé à l'angle sud, au marabout de Sidi Rached. La diagonale qui unit ces deux points n'a pas beaucoup plus d'un kilomètre. Le site du Rocher, présente une surface plane faiblement inclinée, orientée vers le sud-est. Au nord ouest et au sud ouest, existent d'importants escarpements. Entouré sur les 4/5 de son pourtour par de profonds précipices que l'on appelle les gorges du Rhumel dans la longueur dépasse les deux kilomètres, et dans la profondeur est très variable, le site du Rocher où s'accroche la médina est entièrement bâti en dégradé depuis la casbah, jusqu'au quartier de Souika.

Photo n° 43: **Imposante masse de calcaire**



Source : Auteur 2007

Photo n° 44: **Le Rocher : un site défensif**



Source : Auteur 2007

Du nord, le rocher est dominé par le massif de Chettaba, côté nord-ouest et nord est, par le massif de Djebel el Ouehch. Plus au sud, le site de Constantine se présente sous la forme de collines, de plateaux et de vallées. Les façades nord-est, et sud-est, sont coupées du reste de la ville par les gorges profondes qui vont de 35m pour atteindre 175m en aval. La façade nord-ouest domine la vallée du Hamma Bouziane en une paroi verticale de 200m.

I-5-2- Les sites des plateaux : Ce sont des espaces faiblement inclinés, situés au plateau du Mansourah où l'emprise militaire est importante, et au plateau de Ain El Bey où le projet de la ville nouvelle est en construction. La stabilité des terrains, et les faibles pentes au niveau de ces sites, font de ces territoires les meilleurs terrains constructibles à Constantine

I-5-3- Les sites des vallées

La ville de Constantine est traversée par deux grands oueds le Rhumel et le Boumerzoug. A l'amont de leur confluence, les vallées du Rhumel et du Boumerzoug, s'ouvrent en de larges versants à pentes fortes. Les sites des vallées sont occupées par les unités industrielles, les bidonvilles et par l'habitat illicite. (Photo N° 45 et 46)

Photo n°45 : **La vallée du Rhumel**



Source : Auteur, 2007

Photo n°46 : **La vallée du Boumerzoug**



Source : Auteur, 2007

I-5-4- Les sites des collines

Après la colonisation de la ville en 1837, la construction des routes et des ponts notamment le pont suspendu de Sidi M'cid, et le pont de Sidi Rached ont permis à la ville de Constantine de s'étaler par la création de nouveaux quartiers sur les sites des collines de Sidi Mabrouk, du faubourg Lamy, et du Coudiat. Les sites des collines à Constantine, sont occupés par l'ancienne urbanisation datant de l'époque coloniale, c'est à dire les collines de Bellevue, Sidi Mabrouk, faubourg Lamy, puis récemment celui occupé par l'université. Les sites des collines est davantage occupé par les habitations illicites comme c'est le cas à Benchergui, El Manchar, etc. La décision prise pour raser la colline du Coudiat en 1865 puis celle pour créer la gare d'El Kantara, a permis de faire construire près de la gare le quartier d'El Kantara, et autour de la colline du Coudiat, le faubourg Saint Jean.

Photo n°47 : **Site de collines en direction du Hamma**



Source : Auteur 2007

Les sites des collines à Constantine, sont sujets à de nombreux glissements de terrain notamment à Bellevue, Boufrika, Cité El Bir, Fadila Saâdane, où la pente joue un très grand rôle dans la mise en mouvement du sol.

I-6- CONSTANTINE : UN PÉRIMÈTRE URBAIN DIVISÉ EN DIX ARRONDISSEMENTS

La ville de Constantine qui s'est largement étalée pendant ces trois dernières décennies est divisée en 10 arrondissements à population variable entre 84040 pour Sidi Mabrouk, et 29489 pour l'arrondissement du 5 juillet.⁶³

Les arrondissements de Sidi Mabrouk, Sidi Rached, Bellevue, et el Kantara totalisent à eux seuls, une population de 255269 habitants, soit près de la moitié de la population de la ville de Constantine en 1998. Plus de deux tiers des équipements centraux sont localisés dans ces quatre arrondissements.

Dans les arrondissements d'El Gammas, les muriers et Kitouni, on enregistre beaucoup de quartiers sous équipés et davantage d'habitations précaires à éradiquer. Les habitations informelles et les bidonvilles exposés aux risques des glissements sont une caractéristique de ces arrondissements qui se sont développés dans l'urgence, et le laisser aller.

La prolifération de cités non viabilisées, et la construction des habitations précaires et illicites intensifient la pollution. Occupé par le complexe sportif et les unités industrielles de "Chaabersas", le site de vallée du Boumerzoug très sensible aux inondations, est envahi par des habitations illicites. Sur les terrains en pentes fortes exposées au phénomène fréquent des glissements, la construction de nombreuses cités où la densité est trop élevée (1000 hab/hec), compliquent encore plus les problèmes environnementaux. A el Bir, les Martyrs, Manchar et Benchergui, pas de routes asphaltées, mais beaucoup de ruissellement d'eaux usées, et de rejets d'ordures que l'on ne peut collecter et évacuer.

I-6-1- Arrondissement de Sidi Mabrouk

L'arrondissement de Sidi Mabrouk abrite au recensement de 1998, le plus grand nombre d'habitants (84040 hab.). Cet arrondissement est constitué d'une zone urbanisée d'une surface de 355 hectares, dont plusieurs poches vides sont situées dans la partie Nord, d'une zone urbanisée d'une superficie de 120 hectares (Terrain militaire), et d'une zone boisée à préserver d'une superficie de 60 hectares.

⁶³ RGPH 1998

I-6-2- Arrondissement de Sidi Rached

L'arrondissement de Sidi Rached, est occupé par la ville historique de Constantine. C'est une entité très dense avec une importante concentration de population 60568 habitants en 1998. La densité moyenne est 800 hab/hec. L'arrondissement de Sidi Rached est le plus chargé en activités de services et de commerces. Selon les orientations du PDAU l'arrondissement de Sidi Rached, qui comptabilise une superficie de 85 hectares est à rénover. La dédensification est recommandée sur tout le périmètre du rocher en gardant le même cachet architectural.

I-6-3- Arrondissement de Bellevue

L'arrondissement de Bellevue placé au troisième rang avec une population de 58125 habitants, est constitué d'une zone urbanisée d'une superficie de 255 hectares, d'une zone industrielle d'une superficie de 130 hectares. Dans l'arrondissement de Bellevue, une opération de restructuration et de viabilisation est prévue afin de dégager de nouveaux lots; et au niveau de la rive gauche du Rhumel, un reboisement permettra de maintenir les berges.

I-6-4- Arrondissement les Muriers

L'arrondissement les Mûriers totalisent une population de 52921 habitants. Ce dernier comprend l'emprise universitaire, une zone urbanisée où sont injectés des lotissements, de l'habitat collectif, des équipements, le complexe sportif, les installations industrielles de Chaabersas, les habitations précaires du Boumerzoug, la cité des mûriers et des peupliers, et les habitations informelles exposées aux risques des glissements. Les opérations d'urbanismes prévoient dans cet arrondissement 8 POS.

Le POS 1 correspond à la zone urbanisée d'une superficie de 180 hectares, comportant l'emprise universitaire. Toute nouvelle implantation prendra en considération la portance du sol. Le POS 2a est une zone urbanisée d'une superficie de 332 hectares qui se compose de plusieurs opérations d'habitat, et correspond à l'actuelle zone d'extension de la ville où sont injectés des lotissements et du collectif avec le minimum d'équipement. Le plan d'occupation des sols doit être revu pour équiper cette zone en utilisant les terrains non affectés et en régularisant la promotion privée. Cette opération est à court terme. Le POS 2b est une zone

d'extension sur 62 hectares, prévue à être urbaniser à court terme avec une densité brute de 40 logements à l'hectares.

Le POS 3 est une zone urbanisée d'une superficie de 110 hectares, occupée par l'ensemble du complexe sportif les unités industrielles de Chaabersas (lait, textile, bâtiment...) c'est une zone à réglementer.

Le POS 4 est une zone d'une superficie de 100 hectares très sensible (vallée inondable du Boumerzoug). L'habitat précaire est à éradiquer, toute la zone devra faire l'objet d'un reboisement pour d'une part éviter toute nouvelle implantation d'habitat, et d'autre part protéger les berges de l'oued.

Le POS 5 est une zone urbanisée d'une superficie de 40 hectares correspondant aux cités des Mûriers et des Peupliers. Le POS prévoit une opération de viabilisation et d'embellissement à court terme.

Le POS 6 est une zone urbanisée d'une superficie de 70 hectares occupée par de l'habitat informel et des bidonvilles: à restructurer et à viabiliser à court terme. Le POS 6 est une zone sensible aux glissements de terrains.

Le POS 7 est une zone urbanisée d'une superficie de 160 hectares, l'opération proposée consiste en une restructuration totale avec une viabilisation et injection d'équipements de base. La zone dans sa partie Sud est sujette à des glissements de terrains (pentes fortes). Cette opération est à court ou moyen terme.

Le POS 8 est une zone urbanisée d'une superficie de 65 hectares qu'il faudra restructurer à moyen terme.

I-6-5- Arrondissement d'el Kantara

L'arrondissement d'El Kantara compris entre celui de Sidi Rached et Sidi Mabrouk totalise une population de 52536 habitants. Plusieurs entités illicites ont été rasées dans le cadre de la résorption des habitations précaires. L'arrondissement d'El Kantara (280 hectares), est subdivisé en trois zones qui ont fait l'objet de trois POS, et ce conformément aux orientations du PDAU de Constantine. Le POS1 est un tissu urbain existant d'une superficie de 90 hectares, le POS2 est un tissu existant d'une superficie de 130 hectares composé surtout d'habitat informel établi sous deux formes: habitat en dur et habitat précaire, le POS 3 est une zone d'une superficie de 60 hectares à vocation touristique (panorama, forêt) avec présence de terrain militaire.

I-6-6- Arrondissement de Boudraa Salah

Abritant une population de 51686 habitants, l'arrondissement Boudraa Salah est le plus chargé par des habitations précaires et illicites. Traversé par un gazoduc qui constitue une menace pour les habitants, l'arrondissement de Boudraa Salah est l'une des zones les plus exposées au phénomène des glissements.

Une opération de restructuration est envisagée sur une zone urbanisée de 10 hectares qui correspond au centre urbain de Salah Bey afin de préserver ce site de toute occupation illicite.

L'arrondissement de Boudraa Salah comprend une zone de non aedificandi qui s'étale sur une superficie de 30 hectares, et une zone urbanisée d'une superficie de 130 hectares composée de plusieurs cités: El Bir, les Martyrs, les programmes RHP, El Manchar.

Le phénomène de glissement est fréquent dans cette zone, mais aussi dans la zone urbanisée située dans sa partie Sud (Bencherghi 95 ha) où il est difficile d'accéder en période hivernale. Pas de routes asphaltées, mais beaucoup de ruissellement d'eaux usées, et de rejets d'ordures que l'on ne peut collecter et évacuer. La densité est trop élevée (1000 habitants à l'hectare), les équipements de base sont inexistant, et la population qui pratique le commerce informel ne se soucie guère des conditions néfastes pour l'environnement.

L'arrondissement de Boudraa Salah comprend par ailleurs, une autre zone urbanisée d'une superficie de 80 hectares formée par un habitat spontané ainsi que les programmes RHP. Bien que situé de part et d'autres de oued el Mellah, sur des terrains instables l'arrondissement de Boudraa Salah est doté d'une zone d'une superficie de 130 hectares à préserver de toute implantation d'habitat et d'équipements. C'est une zone à boiser.

Le PDAU de Constantine prévoit dans l'arrondissement de Boudraa Salah des opérations de restructuration pour mettre fin à la construction des habitations anarchiques et à leur surélévation

I-6-7- Arrondissement de Ziadia

L'arrondissement de Ziadia (207 hectares), est composé de quatre POS. Sur ce territoire qui abrite une population de 42577 habitants, il est prévu le passage de l'autoroute Est Ouest. Le POS 1 correspond à la zone d'extension (2ème tranche de Sarkina), le lotissement El Berda ainsi que le programme des logements évolutifs.

Les terrains vierges à aménager couvrent une surface de 86 hectares. Le POS 2 correspond à une extension sur terrain vierge d'une superficie de 56 hectares. Ce terrain est situé au niveau de Tafrent (Djebel Ouahch). Le POS 3 correspond à la zone urbanisée d'une superficie de 190 hectares, formée de quatre unités d'habitat: lotissement de Djebel Ouahch, l'habitat collectif de Ziadia, la cité communale, la cité Sakiet Sidi Youcef. Le POS 4 correspond à la zone partiellement occupée par de gros équipements: parc d'attraction et de loisirs de Dj. Ouahch et le cimetière qui totalisent une superficie de 75 hectares

I-6-8- Arrondissement d'el Gammas

L'arrondissement d'El Gammas qui compte une population de 36907 habitants, regroupe un territoire composé de cinq POS. Le POS1 est partiellement occupé par: les cinq parties de Sarkina Les espaces libres ont une superficie de 30 hectares à l'Est, et 38 hectares au Nord. Le POS 2 est une zone urbanisée d'une superficie de 170 hectares. Le POS 3 est une zone urbanisée d'une superficie de 130 hectares où l'habitat informel s'est développé de manière spectaculaire. Le POS 4 est une zone urbanisée d'une superficie de 80 hectares occupée en partie par des bidonvilles en cours de résorption. Le POS 5 est une zone d'une superficie de 50 hectares urbanisée entièrement (cité Er Riad)

I-6-9- L'Arrondissement de Kitouni

L'arrondissement de Kitouni, comptabilise une population de 31773 habitants, et s'étale sur une superficie de 545 hectares.

Kitouni fait partie du centre de la ville de Constantine où sont concentrés les services administratifs (Coudiat). S'étalant sur une superficie de 30 hectares ce tissu ancien comprend des constructions exposées à des glissements qu'il faudra consolider après étude de sol. Le quartier du Bardo (50 hectares) fait également partie de cet arrondissement. Occupé par des habitations précaires et insalubres, ce quartier est concerné par l'opération de résorption et éradication des habitations à risques. Les opérations de démolition ont déjà démarré.

La zone urbanisée de Sidi M'cid occupée par de l'habitat informel d'une superficie de 20 hectares fait également partie de cet arrondissement. Le plateau d'El Ménia (80 hectares) qui connaît quelques implantations d'habitat illicite fait également partie. Deux zones de superficie respectivement de 140 hectares partiellement occupée par

de l'habitat informel précaire sujette à des glissements, et l'autre d'une superficie de 225 hectares sujette à des glissements en masse également (vallée du Rhumel), font également partie.

I-6-10- Arrondissement du 5 Juillet

L'arrondissement de Bellevue compte une population de 29489 personnes.

Dans l'arrondissement est prévu 7 POS.

Le POS 1 est une zone urbanisée d'une superficie de 320 hectares composée de plusieurs unités d'habitations, réalisées (Boussouf , 5 Juillet , cité des Pins), ou en projet Les opérations de viabilisation et d'aménagement prévus dans les différents plans (espaces verts, aires de jeux et de détente) sont en cours de réalisation. Le POS 2 est une zone urbanisée d'une superficie de 130 hectares composée d'habitations individuelles en cours de réalisation. Le POS 3 est une zone d'une superficie de 95 hectares occupée en grande partie par la zone industrielle qu'il faudra restructurer et occuper les terrains libres de manière à avoir une zone unifonctionnelle. L'habitat précaire existant doit disparaître de cette zone. Cette opération est à court terme. Les POS 4, 5, 6 occupent les sites à vocation agricole où les risques de constructibilité sont énormes. Ces terrains tel que prévu par le PDAU doivent garder leur vocation initiale : agricole

Le POS 7 est une zone d'une superficie de 110 hectares, elle correspond à la cité de Zaouch. La présence des glissements empêche toute forme d'extension. Les terrains non construits doivent être boisés. Le POS A est une zone urbanisée où l'habitat illicite s'est développé sur une superficie de 14 hectares environ. Elle se situe sur le chemin de wilaya menant de la cité Boumerzoug vers El Kroub. Le POS B correspond à une coopérative immobilière qui s'est établie sur une superficie de 28 hectares, en cours de viabilisation.

La ville de Constantine n'a plus aujourd'hui son homogénéité. Tous les arrondissements de Constantine sont exposés aux risques des glissements, et à l'intensification de la pollution.

Conclusion

L'urbanisation anarchique étale la ville de Constantine indéfiniment, et contamine tous les sites occupés par ces entités urbaines hétéroclites. Les nouvelles formes d'habitations hideuses polluent le paysage urbain, et entraînent des

conséquences néfastes sur l'environnement. Le cadre bâti, et l'environnement se trouvent alors menacés, pour manque d'entretien, et pour raison de transformations que les constructions subissent. L'étalement urbain qui ne respecte pas la nature et l'environnement aggrave encore plus le problème. Beaucoup d'efforts sont déjà entrepris dans le cadre de l'amélioration des conditions de vie, beaucoup de sites mal occupés connaissent les opérations de résorption des habitations précaires, et de nombreuses actions sont déjà entreprises dans le cadre de l'amélioration de l'hygiène environnementale.

Mais peut-on imaginer les risques qui peuvent se produire si un séisme frappe avec une intensité qui dépasse l'indice de 6 ou de 7 à l'échelle de Richter ? Peut-on toujours continuer à envisager des solutions de type restructuration, lorsque l'on sait que ces arrondissements sont le plus exposé aux risques naturels (glissement, inondation) ? Peut-on être sûr que les terrains prévus par les POS pour être reboisés ne seront les futures extensions de ce type d'habitat qui transgresse toutes les règles et instruments d'urbanisme ?

Difficile aujourd'hui de répondre à toutes ces questions, néanmoins on ne peut ignorer les risques que nous allons subir si on n'élimine pas beaucoup de quartiers qui se sont créés dans l'urgence et le laisser aller. Les habitations précaires et insalubres méritent d'être rasées dans les années à venir pour nettoyer la ville de cet habitat insalubre qui apporte plus de pollution, et de nuisances.

CHAPITRE II : LA VIEILLE VILLE DE CONSTANTINE : UN LOURD HERITAGE DU PASSÉ

Introduction

D'une superficie relativement réduite "40 hectares", la vieille ville englobe tous les problèmes de Constantine qui s'étale sur plus de 5500 hectares. Difficile de gérer cet héritage du passé, ou de prendre en charge tous les problèmes que connaît cette entité urbaine qui se transforme, une large partie de ce patrimoine disparaît ou se dégrade, pendant que d'autres parties changent d'aspect extérieur, et accueillent des commerces et des fonctions libérales. Des îlots entiers de la Médina, sont vidés de leur population. Plus d'activités qui drainent un mouvement de populations et de véhicules, plus de rejets d'ordures et d'objets encombrants que la nature ne peut éliminer; la vieille ville est le lieu où la pollution et les nuisances affectent le plus l'homme, et l'environnement. Poussières, bruits, émanations de gaz par les échappements des véhicules, salissures des rues et des ruelles, rejets d'ordures, absence totale de verdure, congestionnement, tassement des populations, dégradations et glissement des constructions, etc., sont autant de désordres et de préoccupations qui nous incite à réfléchir sur le devenir de cette partie centrale de la ville de Constantine qui mérite une attention particulière.

C'est en nous appuyant sur un état de fait, et une réalité qui dérange, que nous essayons de présenter l'état actuel de la médina, et de montrer l'ampleur des problèmes de la pollution et des nuisances, dans cette partie centrale de la ville de Constantine, où les constructions compactes et faiblement aérées, subissent les aléas du temps, et le poids de la démographie.

II-1- UNE VIEILLE VILLE ARABO BERBÈRE ET OTTOMANE BÂTI EN DÉGRADÉE

La vieille ville de Constantine est construite sur un site unique par son relief, sa topographie, et son paysage. Saisissant par son caractère défensif, le Rocher de Constantine est un socle rocheux de 40 hectares de superficie.

Le site originel de la vieille ville que l'on appelle le Rocher, constitue une forteresse naturelle, bien visible, et d'un aspect saisissant en venant de Skikda, Jijel, ou de Mila. De la route de la corniche qui relie Constantine à Skikda, on aperçoit la grandeur de ce Rocher exceptionnel aux parois abruptes, un pont suspendu par des câbles en acier, et des tunnels creusés dans la roche calcaire pour créer des routes. (photo n°48)

Photo n° 48: **Le Rocher de Constantine**



Source : Auteur 2007

La ville de Constantine a gardé son cadre médiéval jusqu'à la colonisation française qui va s'emparer en 1844 de toute la partie haute de la ville et du site, en remplaçant les anciennes constructions par un tissu européen. La vieille ville toute entière, est tassée au sommet de ce bloc rocheux. L'altitude atteint 644 m au Kef Chekara, point le plus élevé, à l'angle nord, là où s'éleva le premier refuge la Casbah, et à 534 mètres, à l'angle sud, au marabout de Sidi Rached. La densité sur le Rocher est la plus forte comparée à toutes les autres entités urbaines, elle avoisine les 800 à 1000 habitants à l'hectare.

II-2- LA VIEILLE VILLE DE CONSTANTINE : UNE JUXTAPOSITION DE DEUX ISSUS ANCIENS

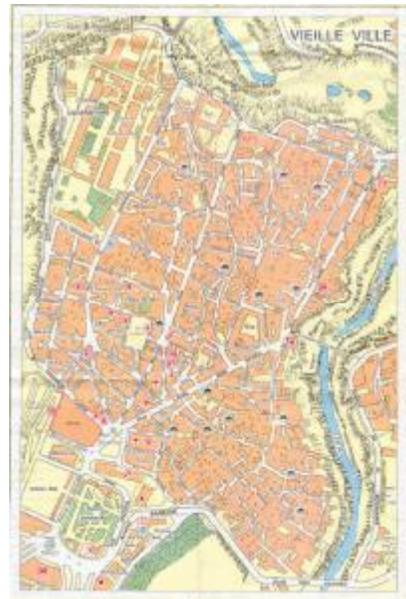
L'image de la vieille ville telle qu'elle se présente aujourd'hui, est celle d'une entité urbaine la plus attractive, et la plus dynamique de la ville de Constantine. Caractérisée par la présence de deux unités architecturales et urbanistiques qui fonctionnent en osmose, les constructions de la vieille ville se transforment et accueillent de plus en plus de commerces. L'originalité de la médina de Constantine, est de présenter la fusion de deux urbanismes. L'ancien arabo musulman, aux ruelles sinueuses et étroites, et à habitat imbriqué, puis le nouveau, celui des rues rectilignes tracées par la France coloniale. Le commerce reste l'activité dominante qui assure l'échange réciproque entre les deux parties de la vieille ville qui forment le véritable centre de Constantine. Souika, Sidi el-Djeliss, Rahebat Souf⁶⁴, sont autant de noms de quartiers qui ont marqué l'espace de la

⁶⁴ Rahebat souf et Sidi El Djeliss sont des quartiers anciens fermés, où les maisons sont introverties. Toutes les maisons de la vieille ville sont organisées autour d'un patio qui répond à des exigences climatiques. Un système de rues étroites et sinueuses débouchant sur des impasses permet de desservir les parties résidentielles de la médina.

médina. Souika est le quartier résidentiel le plus connu et le plus peuplé à Constantine. Il tient son nom du groupe de boutiques où les habitants pouvaient trouver près de chez eux, les denrées et les objets les plus courants: ce sont les petits souks⁶⁵ ou souika. La partie haute de la médina a été reconstruite par les français au 19^{ème} siècle. On y trouve l'ensemble des institutions du pouvoir colonial. Dans cette partie de la Médina où les rues suivent un tracé en étoile qui converge vers la place de la Brèche⁶⁶, et où les ruelles composent des îlots de forme carré, rectangle et triangle, les constructions tiennent encore solidement, malgré le manque d'entretien, et la multiplicité des transformations qu'elles subissent.

Espace de concentration et de polarisation des équipements de commerces, de services et d'administration, lieu d'affluence quotidien pour l'ensemble des habitants de Constantine, espace propice au commerce informel, centre ville d'une agglomération de plus de 500 000 habitants, lieu de mémoire, et endroit de témoignage de diverses civilisations qui y ont laissé leurs traces ; la vieille ville est structurée par deux tissus anciens que délimite un site difficile à franchir: : la ville européenne de création coloniale, , et la médina aux rues étroites, mais bien adaptées au site.

Fig. n°7 : vieille ville de Constantine



Source : I.N.C

II-3- LA MEDINA DE CONSTANTINE: UN PATRIMOINE CLASSE PAR L'UNESCO

La médina de Constantine est située à une soixantaine de kilomètres à vol d'oiseau de la mer méditerranée. Les premières constructions de la médina datent d'environ vingt cinq siècles. Durant tout ce temps, beaucoup de constructions ont disparu, faute d'entretien, de laisser aller ou de surcharge humaine; qui ont accéléré le processus de la dégradation. Les constructions de la vieille ville sont des maisons

⁶⁵ "Le souk est une institution fondamentale du monde rural. C'est un lieu d'échanges économiques". (Côte. M, 2008)

⁶⁶ La Brèche est un espace d'articulation entre la médina et la ville coloniale. Réalisée au 19^{ème} siècle après un remblaiement de la dépression de Bab el Oued, la place de Brèche est aujourd'hui, un carrefour de voies rayonnantes envahie par les piétons et les automobiles.

traditionnelles à étages, et aux toits recouverts de tuiles romaines, ayant pour seul contact avec l'extérieur, de petites ouvertures. Deux principes guident l'organisation de la maison: l'intimité et la sécurité. Organisé autour d'un patio, ou d'une cour, qui fonctionne comme lieu de toutes les pratiques traditionnelles, les pièces qui constituent la maison tombent en ruine faute d'entretien, mais souvent c'est la main de l'homme locataire qui accélère le processus, afin de bénéficier d'un logement neuf, attribué dans le cadre du relogement des sinistrés.

Les quartiers à caractère résidentiel de la Médina, occupent la plus grande surface de l'espace urbain de ce noyau initial qui rassemble toutes les implantations commerciales indispensables au bon fonctionnement d'un centre ville. Les quartiers de la vieille ville s'organisent en un ensemble de maisons traditionnelles, et se divisent en sous quartiers lesquels à leur tour se divisent en îlots, et dans chaque îlot on note la présence d'un saint ou d'une zaouïa. Malgré son état de délabrement avancé, la médina de Constantine, continue de jouer son rôle de pôle d'attraction commercial, ce qui lui a permis de devenir un centre de vie, et un espace dynamique qui accueille toutes les franges de la population de Constantine. Dans les années 1980, le cadre bâti de la médina de Constantine était dans un état de vétusté, et de dégradation très avancée Les causes sont diagnostiquées, la vieille ville fut alors, l'objet d'une grande opération de démolition, et d'assainissement de pans entiers de son vieux bâti, largement dégradé sous l'effet du temps, et de l'action humaine, qui légitimait une évacuation urgente sur des logements neufs situés dans les nouvelles banlieues de Constantine. Le souci de protection de la Médina de Constantine s'est traduit au niveau national par son inscription depuis 1992 (J.O n° 22, du 22 mars 1992), à l'inventaire des sites et des monuments historiques, et ce après le classement des Gorges du Rhummel, et certains monuments historiques (palais d'Ahmed bey⁶⁷, les mosquées de Sidi Lakhdar et de Souk El Ghezal, et une partie de la merdersa El Kettania.). Inscrite sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO, la vieille ville est classée patrimoine national au mois de juin 2005.

⁶⁷ Le palais du Bey est un monument historique classé depuis AVRIL 1934, Il a été élevé sous le règne de AHMED BEY entre 1827-1835 ; cet ouvrage architectural a été bâti en deux temps 1827 à 1829 puis 1830 à 1835.

De 1837-1862 : il était le siège de l'état major de l'armée française, en 1860 , le palais a subi des opérations de restauration des peintures murales. Entre 1962-1969 il était le siège de la protection militaire, de 1969 à 1982, il fut occupé par la mairie (6^{ème} direction) et en 1982 il y a eu la première étude de restauration et de la mise en valeur du palais par la société PKZ. En 1986, une l'étude complète de la restauration du palais a été faite sur 53 volumes et en 2002 le démarrage des travaux de restauration du palais, ont commencé.

II-4- LE NOYAU ORIGINEL DE CONSTANTINE: UN PATRIMOINE HISTORIQUE EN ABANDON

Le visage de la vieille ville change. Les murs des maisons qui délimitent les rues et les ruelles s'inclinent. Les planchers qui couvrent les impasses et les passages voutés se dégradent. Le pavage des rues et ruelles disparaît. Les eaux usées et eau potable s'infiltrent et déstabilisent l'équilibre des constructions.

Photo n° 49: Maisons en ruines



Source : Auteur 2006

Photo n° 50 : Ruelle male entretenue de la vieille ville



Source : Auteur 2006

Les restes laissés par certains commerçants le long de ces rues étroites et tortueuses forment par endroit un tas d'immondes sales et malodorants, qui accueillent les rats et les surmulots. Devenue espace de transit pour de nombreuses familles sans grandes ressources qui arrivent de partout, la vieille ville se dégrade et se transforme. La traversée du pont de Sidi Rached à pied ou en voiture, laisse découvrir la grandeur des gorges du Rhumel, et une vieille ville à l'état d'abandon, qui expose ses maisons en ruines, vidées de leurs populations. Beaucoup de toitures et de planchers, sont volontairement détruits par des locataires soucieux de bénéficier d'un logement neuf, dans le cadre de la résorption de l'habitat précaire⁶⁸.

Considérée comme l'une des parties de la ville de Constantine la plus exposée à la dégradation et aux effets de glissement, la vieille ville est la partie la plus dense⁶⁹ (800 à 1000 habitants à l'hectare), la plus congestionnée, la plus exposée aux effets de l'homme, et du climat. Elle est l'un des tissus urbains les plus dégénérés.

⁶⁸ L'étude de la résorption de l'habitat précaire, a été confiée à l'institut d'architecture et d'urbanisme de Constantine en 1993, dans le cadre d'une convention APC – IAU. Cette étude proposait une dédensification des maisons en bon et moyen état de la basse Souika, l'évacuation des maisons vétustes et le nettoyage des espaces vides de cette même unité spatiale.

⁶⁹ Selon Marc Côte (2006) : "*La densité urbaine y atteint des valeurs très forte (300 habitants /hectare en moyenne sur la ville, 1000 dans la vieille ville)*".

Photo n°51 : **Des parkings à la place de ces constructions en abandon**



Source : Auteur 2006

Photo n°52 : **Le refond d'une maison en ruine de la vieille ville de Constantine**



Source : Auteur 2006

Sur le bord du rocher donnant sur le Rhumel, occupait autrefois par une population peu nombreuse de Biskris et de Mozabites, l'on voit de grandes surfaces libres, couvertes de pierrailles, et beaucoup de maisons en ruines. Par endroit seuls quelques murs encore debout, témoignent de la rapidité de la dégradation de ces maisons, que nous avons volontairement éliminé, pourtant bien accrochées à leur site.

A l'intérieur des îlots, l'état des constructions s'est fragilisé. Beaucoup de ces maisons, que nous avons construites en respectant la topographie pour mieux s'intégrer au site, se sont écroulées sous l'effet du climat, du manque d'entretien, et de l'infiltration des eaux que déversent sous terre, les vieilles conduites d'eau potable et d'assainissement.

Le phénomène de la dégradation de nombreuses constructions situées en bordure des gorges du Rhumel, et la démolition volontaire de nombreux édifices situés à l'intérieur de la vieille ville, ont permis d'aérer, et de donner plus de lumière et de soleil à ces maisons insalubres, et à ces ruelles hideuses, d'une vieille ville qui se dégrade.

La destruction volontaire menée par certains locataires a activé encore plus, le processus de la dégradation des constructions, et l'intensification de la pollution. L'élimination volontaire des constructions qui tiennent encore solidement dans toute la partie basse de la Médina, offre le spectacle d'une ville frappée par un séisme ou alors, celui d'une ville ayant subi une attaque aérienne. (Photo n°53)

On estime d'après les études établies par les services de l'urbanisme de l'A.P.C de Constantine, que près d'un tiers des habitations de la vieille ville sont en ruines, et plus de 20 % dans un état de "délabrement avancé". Une habitation sur deux de la Médina est menacée d'effondrement.

Photo n°53 : La Médina en ruine



Source : Auteur 2005

Plusieurs maisons, et plusieurs îlots sont définitivement rayés de la carte de la vieille ville après l'action de démolition totale, et de déblayage. La situation risque de s'aggraver encore davantage, si rien n'est fait pour assurer l'entretien de ces maisons, qui s'accrochent solidement à leur site.

Les problèmes de transport et de circulation, les carences en assainissement et en alimentation en eau potable, et enfin les atteintes à l'hygiène environnementale, sont autant de problèmes qui s'ajoutent, et qui aggravent encore plus les conditions de vie de ces populations, qui s'entassent dans ces maisons insalubres, qui se dégradent toujours davantage.

La dégradation des constructions s'est en effet aggravée dans la partie basse de la vieille ville à partir des années 1980 pour manque d'entretien, et destruction volontaire de nombreuses constructions. Encouragés par l'action de l'État de reloger les habitants qui sont en situation difficile, certains locataires ont activement accéléré le processus de délabrement de nombreuses maisons de la vieille ville. La tendance à la dégradation des maisons de la médina qui abrite aujourd'hui 10% de la population urbaine, augmente en raison du statut foncier puis de la densité excessive. Sur environ 90% de la propriété privée du Rocher, il n'y a seulement que 12,25% des propriétaires qui occupent leur logement. La vieille est une entité urbaine dégradée par la substitution de ruraux locataires aux vieilles familles propriétaire. La dégradation de la médina de Constantine, s'est aggravée suite à la forte densité⁷⁰ de population, mais aussi en raison de la destruction volontaire par des locataires, avides de bénéficier d'un logement neuf dans les nouveaux immeubles construits dans les banlieues, ou dans la périphérie de Constantine.

⁷⁰ L'arrivée massive de populations rurales juste après l'indépendance, mais aussi après les années 1990, où l'Algérie a connu une autre forme d'exode de populations rurales chassées des campagnes par le terrorisme, a été une période néfaste pour la vieille ville qui a connu la dégradation d'une partie importante de ses constructions.

"La vieille ville ottomane constituait en 1830⁷¹ une des plus belles médinas d'Algérie, bâtie en dégradé depuis la Casbah jusqu'aux quartiers bas de souika, drapée dans ses toitures de tuiles rondes et rouges de style andalou opposées aux terrasses blanches d'Alger... La vieille ville n'est aujourd'hui que l'ombre d'elle-même : un tiers de ses constructions sont en ruines". (Côte. M, 2006) [10]

II-5- RENOVATION DE LA PARTIE HAUTE DE LA VIEILLE VILLE : UNE TRANSFORMATION RADICALE DES CONSTRUCTIONS

Les premières transformations dans la partie haute de la vieille ville où les propriétés du Bey de Constantine étaient plus concentrées et plus nombreuses, ont commencé avec l'arrivée des Français en octobre 1837. Ces transformations consistaient à changer radicalement la structure de la ville à constructions basses, et de rompre avec le modèle de la ville "arabe" où les maisons introverties sont disposées le long des voies à tracé sinueux et difficile d'accès à la voiture. Les principales transformations sont:

- la démolition de nombreuses maisons, et leur remplacement par de nouvelles, beaucoup plus imposantes par la taille, la forme, le style, les matériaux, et la fonction,
- la réaffectation de nombreux bâtiments du Bey de Constantine en équipement d'administration civile ou militaire,
- l'élargissement des voies "chaussée et trottoir" selon un tracé linéaire qui permet l'accessibilité de la voiture dans tous les îlots de la ville, et aux camions poubelles la collecte et le transport des ordures ménagères,
- l'alignement et élévation des constructions sur plusieurs étages (4, à 6 étages),
- la transformation des façades (multiplicité des portes fenêtres disposées en lignes et colonnes, installation des balcons à tous les étages de la façade, décoration des murs, introduction du fer forgé comme matériau d'embellissement des balcons, etc.),
- la formation des îlots de forme carrée, rectangle et triangle,
- l'élimination des voies au tracé sinueux,

⁷¹ Constantine comptait environ 30.000 habitants en 1830 (Marc Côte, 2006)

- l'ouverture au tracé Haussmannien de trois voies rayonnantes qui traversent en ligne droite toute la partie occupée par les français, et qui convergent vers la place de la Brèche, considéré comme le lieu le plus animé, et le plus connu à Constantine,
- la création de places après démolition de nombreuses maisons "d'indigènes", (place de la Brèche, et place Générale près du palais du Bey transformée aujourd'hui en parking appelée Place Si El Haoues),
- Construction de grands équipements tels: théâtre, poste, palais de justice, banques, siège de mairie, hôtels, etc.,
- construction de ponts, et ascenseurs
- ouverture de nouvelles routes en creusant dans le rocher des tunnels "route de l'abîme ou boulevard de la Yougoslavie, qui relie la place de la Brèche à l'hôpital en traversant le pont suspendu de Sidi M'cid ouvert au public en 1912, route de la corniche qui relie la gare à Hamma Bouziane.

Les transformations dans la partie occupée par les Français pendant la colonisation ont complètement transformé le paysage de la médina. Les trois principaux axes qui structurent la partie haute de la vieille ville ont permis d'installer une nouvelle forme d'urbanisme où les rues et ruelles délimitent des îlots en forme de carrée, rectangle ou triangle. La rue Damrémont, la rue de France, et la rue nationale (rue Larbi Ben M'hidi) qui fait limite avec la ville basse aux constructions accessibles à partir de petites ruelles et impasses, sont aujourd'hui les axes les plus chargés de commerces et de fonctions libérales.

II-6- RECONVERSION FONCTIONNELLE DES IMMEUBLES: UNE DOMINANCE DE FONCTIONS LIBÉRALES, ET DE COMMERCES

La reconversion fonctionnelle des immeubles dans la partie haute de la vieille ville après l'indépendance a concerné tous les immeubles hérités de la colonisation, où beaucoup d'appartements ont été vidés de leur population puis, reconvertis en cabinet médical, dentiste, avocat, notaire, agence de voyage, bureau d'étude, restaurant, etc. Aujourd'hui, tous les immeubles situés dans la partie haute de la vieille ville sont très demandés pour être reconvertis en équipements à fonction libérale.

Les fonctions libérales s'installent à des prix forts dans ces immeubles en perpétuelle transformation. L'attraction d'une population toujours plus grande vers les

commerces et bazars ne fait qu'augmenter la dépendance des autres quartiers de la ville vers ce centre historique qui se transforme, et se dégrade.

De ce phénomène de la reconversion des logements en lieu de commerces ou de fonctions libérales, c'est le phénomène de la congestion qui s'amplifie, et c'est le problème de la pollution, et de nuisances qui risque de s'intensifier dans cette partie de la ville. Alors que les transformations s'intensifient depuis plus de deux décennies, et que l'installation des fonctions libérales est de plus en plus forte, la ville héritée de la colonisation se vide de sa population résidente.

Dans la partie haute de la vieille ville, les murs des rez de chaussée de ces immeubles d'habitation sont remplacés par des vitrines, et les pièces à usage d'habitation transformées en boutiques. La continuité des commerces sur toutes les rues, se généralise même sur les rues de moindres importances.

Toutes les rues qui convergent vers la place de la Brèche (la rue Damrémont qui relie la place de la Brèche à la Casbah, la rue de France appelée aujourd'hui rue Didouche Morad, et la rue Georges Clemenceau ou rue impériale visitée par Napoléon III, appelée aussi rue nationale ou rue Larbi Ben M'hidi aujourd'hui spécialisée dans le commerce de gros), se sont remplies de commerces, et de fonctions libérales, qui ont aggravé encore plus le problème de la circulation, et du stationnement.

Les trottoirs, et une partie des chaussées sont transformés en espace d'étalage de produits divers, et ce malgré les nombreuses interdictions adressées par les autorités de la ville de Constantine.

Alors que la vieille ville se vide de sa population résidente, on assiste quotidiennement à l'arrivée massive d'une population venant des banlieues et des environs "le grand Constantine". Attirés par les commerces raffinés, par un spécialiste en médecine, un bureau de notaire, par les banques, ou par un service auprès de la mairie et wilaya implantées dans le prolongement de la place de la Brèche que délimitent de gros équipements tels: la grande poste, le théâtre, la banque, les hôtels, le palais de justice, la médina de Constantine est le lieu le plus congestionné, et le plus pollué par les gaz et poussières que dégagent l'échappement des véhicules, le chauffage domestique ou les cheminées des fabriques ou de l'industrie. Le square Benaceur est le seul espace vert (jardin public) qui existe au voisinage de la vieille ville, où l'air est très pollué ; il date de la période coloniale.

II-7- TRANSFORMATIONS DES CONSTRUCTIONS : UN NOUVEAU MODE D'OCCUPATION ET DE CONTENU SOCIAL.

Depuis l'installation des grandes unités industrielles, Constantine a connu un afflux de populations rurales, responsable du dépeuplement des campagnes, et de la densification de la vieille ville. La partie basse de la médina de Constantine, a subi alors, d'importantes transformations de son cadre bâti.

Poussés par l'exode pendant la colonisation française et après l'indépendance, les habitants d'origine rurale, n'ont trouvé comme refuge pour s'y installer à Constantine, que les constructions d'une vieille ville en abandon, où beaucoup d'îlots sont fortement dégradés par le temps, et le laisser aller, ou alors les bidonvilles installés à la périphérie de la ville.

La vieille ville a toujours été alors l'espace de transit qui assurait refuge, et emploi pour de nombreuses familles sans grandes ressources qui arrivaient du monde rural. Dense et mal entretenu, le tissu ancien de la vieille ville se remplit de plus en plus par une population pauvre. Les familles qui louent une ou deux pièces dans ces maisons à patio pour y habiter, aggravent encore plus l'état fragile de ces constructions en perpétuelle transformation.

Beaucoup de maisons qui bordent les rues, et les ruelles étroites et sinueuses, ont complètement été rasées ou transformées en ruine, par l'absurdité des locataires qui détruisent volontairement les murs, et les planchers de ces maisons qui témoignent de l'héritage du passé.

La vieille ville de Constantine qui remplit la fonction de centre, subit à la fois le poids de la démographie, et les effets de l'urbanisation, qui ont intensifié encore plus la congestion urbaine, la pollution et les nuisances environnementales, en transformant le paysage urbain par la construction des bidonvilles, et par la dégradation des constructions, et du cadre de vie.

Dans la ville basse occupée en majorité par des constructions à usage d'habitation et de petits commerces, la densification est le facteur qui a le plus activé le processus de transformation, et de dégradation des constructions. Beaucoup de maisons de la vieille ville se transforment, et subissent de profondes mutations qui affectent leur fonctionnement.

Les transformations apportées par les locataires⁷² tout au long de la période de l'Algérie indépendante, (cloisonnements, transformations des galeries, rajouts de pièces ou de niveaux, remplacement de la toiture en tuiles par une terrasse en béton, etc.), ont changé de façon brutale l'équilibre, et l'harmonie de ces constructions basses qui s'organisent autour d'une cour centrale. La cohabitation de plusieurs familles dans les maisons traditionnelles de la vieille ville a imposé des modifications qui ont compromis la stabilité des constructions. Une enquête sur site établie par la cellule de sauvegarde de la vieille ville a fait ressortir sur une totalité de 1438 maisons : 418 Immeubles effondrés soit 29,06%, 300 Immeubles menaçant ruine soit 20,86%, et 540 Immeubles en état physique moyen soit 37,55%, 180 immeubles en état solide soit 12,51%.

Insalubres, vétustes, sales, et délabrées, les maisons de la vieille ville se dégradent de plus en plus, sous l'effet d'un nouveau mode d'occupation et de contenu social. La surexploitation du bâti en rajoutant des pièces sur les terrasses, l'usage abusif de l'eau pour laver les sols, l'absence totale d'entretien, ont accéléré l'inévitable phénomène de la dégradation des constructions, et de l'hygiène environnementale.

II-8- LE COMMERCE INFORMEL : UN SECTEUR DE TRANSFORMATION ET DE DÉGRADATION DU CADRE DE VIE

La vieille ville de Constantine est le lieu de concentration, et de polarisation des équipements de commerces, de services et d'administration, mais aussi l'espace propice au commerce informel. Le développement du commerce informel, a participé de façon intense à la transformation, et à la modernisation des constructions de la vieille ville, et à l'afflux d'une population de plus en plus grande et variée, qui arrivent de toutes les villes, et les villages qui entourent Constantine. De nombreuses rues et ruelles, et de nombreux ilots se sont transformés. Des rues commerçantes se sont spécialisés dans la vente de produits (d'orfèvreries, merceries, artisanat, produits de décoration et d'ameublement, tissus, habillements, produits cosmétiques, etc.). Ces commerces installés dans des rues étroites et sinueuses, apportent plus de dynamique, et d'animation, mais

⁷² "Ses vieilles familles aujourd'hui dispersées aux quatre vents, dans les anciens quartiers européens et faubourgs, ont cédé leur place aux nouveaux arrivants de cet immense exode rural survenu au lendemain de l'indépendance de l'Algérie". (Najia ABER, 2006) [11]

aussi plus de pollution, comparé aux commerces installés dans les autres quartiers de la ville dont le caractère central est beaucoup plus affirmé, et dont les commerces sont plus raffinés : le cas de Saint Jean, rue de la pyramide, rue de France, etc.

Le phénomène de l'étalage des produits de vente, que l'on accroche sous les planchers des constructions qui couvrent en partie ces ruelles étroites, ou sur les murs de ces maisons dont les pièces du rez de chaussée sont transformées en boutiques, tend à se développer sur l'ensemble des rues, et ruelles de la vieille ville. Malgré l'état de délabrement, et de vétusté des constructions, l'activité de commerce de rue, où l'on vend tous les produits importés des pays riches (France, Italie, ...) ou des Emirats arabes, est importante dans ces vieux quartiers de la vieille ville qui fonctionnent comme une entité autonome. La vieille ville, vers où converge toute la population de Constantine, est le centre d'attraction de l'aire métropolitaine de Constantine. *"La médina dégradée fonctionne en centre unique, et la concentration des activités de commerces est en hausse continue. Sur les 76% des commerces de toute la wilaya de Constantine, 50% sont sur le Rocher"*. (BENIDIR. F, 2003) [12]

Du revendeur de tabac qui installe sa table sur le trottoir des voies de circulation, au commerçant de bazar qui expose ses marchandises importées de tous les pays d'Asie, ou d'Europe, le commerce informel dans la ville de Constantine, s'impose comme réponse au problème de chômage que l'état n'a pu juguler, ou éviter que sa progression rapide ne soit irréversible.

Le développement du commerce informel est l'un des principaux facteurs de transformation des constructions, et d'accroissement des nouvelles entités urbaines qui se sont installées sur les sites situés le plus souvent à la périphérie de la ville. Tout cela n'est pas sans gravité sur le paysage urbain, et sur l'environnement.

En tant que secteur d'activité qui a le plus intensifié l'attraction des populations de toute l'agglomération de Constantine vers ce centre historique, le commerce informel est par ailleurs, le secteur d'activité qui participe le plus à l'extension de la ville, à la modernisation des tissus anciens, et enfin à la transformation des constructions, aussi bien dans la ville que dans ses banlieues. *"L'importance du commerce informel, et de son développement dans toutes les villes algériennes après des années 1990, est la conséquence directe des effets de la compression de personnels des secteurs industriels, et du bâtiment"*. (BOUMAZA. Z, 2003) [13]

Il y a aussi la conjoncture politique du pays qui correspond à la période du multipartisme qui fut l'un des éléments moteur du développement de l'informel en Algérie. "*Jeunesse de la population, importance du sous-emploi, carences relatives de l'investissement national et étranger, les villes algériennes peuvent elles se priver de ces relais indispensables d'accumulation du capital et de croissance des couches moyennes*". (BURGEL.G, 2003) [14]

La prolifération des commerces, et la transformation des constructions pour installer des fonctions libérales, sont une menace de plus, pour la survie de la médina en tant que patrimoine. Ainsi, vider le centre historique de son contenu social, c'est lui enlever cette dimension humaine qui œuvre à lui faire conserver son authenticité par les pratiques de ses habitants. La situation stratégique du centre dans le système urbain, la multiplication des commerces, et la transformation que subissent les constructions de la vieille ville, font de l'espace médina, l'entité la plus exploitée. Plus menacé par toute sorte de pollution possible et imaginable, la médina de Constantine est l'entité urbaine la plus dynamique, et où la vie urbaine est la plus intense comparativement aux autres quartiers de la ville et particulièrement par rapport aux Z.H.U.N, où aucune dynamique sociale n'a pu avoir lieu. La médina reste pour les Constantinois le centre de toute la ville.

II-9- INTENSIFICATION DES POLLUTIONS ET NUISANCES DANS LA VIEILLE VILLE : CARENCE EN ASSAINISSEMENT ET TRANSFORMATION DES ESPACES PUBLICS EN EGOUTS ET POUBELLES

Dans la vieille ville, où beaucoup de maisons ne sont plus raccordées au réseau d'assainissement de la ville, les eaux usées sont directement déversées sur les rues et ruelles. Les carences en assainissement, et l'endommagement des collecteurs, ont transformé en égout beaucoup de rues, et ruelles de la vieille ville où, les eaux ménagères, et les eaux vannes polluent tout l'environnement. Toute la population de la vieille ville souffre des problèmes de la circulation, et de l'infiltration des eaux, et de l'hygiène des rues transformées en égouts.et poubelles. A l'opposé de son dynamisme commercial, la vieille ville connaît un problème d'hygiène et de pollution, difficile à gérer. La collecte des ordures pose problème, l'assainissement et l'alimentation en eau potable est loin d'être réglé. Le surplus d'activités et de services, a des répercussions directes sur la qualité de la vie et de l'espace. Sur les

espaces de circulation des piétons, et sur les espaces libres occupés par des activités commerciales de plein air, les ordures s'entassent et s'étalent sur de vastes surfaces. Sur les espaces libres situés entre les constructions, se forment des décharges remplies de gravats, et de rejets solides que les éboueurs ne peuvent ramasser et évacuer. Sur les ruines des maisons écroulées ou des maisons dont l'entretien n'est plus assuré, se forment des décharges remplies d'ordures ménagères et de produits solides que la nature ne peut éliminer. Sur certains espaces occupés autrefois par des maisons insalubres, s'accumulent les immondices d'où il se dégage des odeurs qui infectent et polluent l'atmosphère.

La collecte et l'évacuation des ordures ménagères qui se font depuis longtemps déjà à dos d'âne ou de mulet, ne peuvent garantir pour longtemps une hygiène environnementale. En période de printemps et d'été où les températures augmentent considérablement, on assiste à la dégradation de l'hygiène et du cadre de vie des populations qui habitent ce tissu dense et faiblement aéré. La santé des populations est souvent menacée.

Au voisinage de ces paysages naturels (les gorges du Rhumel), envahit par des rejets solides, sont aménagés des logis, que nous avons construit au moyen de matériaux de récupération.

Au fond des gorges, à une profondeur de plus de cent mètres, l'on peut voir s'écouler dans l'oued du Rhumel, les eaux souillées restituées par la ville et ses banlieues. Sur les parois rocheuses des gorges salies par le rejet des ordures domestiques qui s'entassent, pousse une végétation sauvage. (Photo n°54)

Photo n°54 : Les gorges du Rhumel : égout et poubelle



Source : Auteur 2006

L'hygiène environnementale destinée à préserver et améliorer la santé, n'est pas aujourd'hui, la préoccupation majeure de ces populations exposées à des risques qui menacent leur vie. Le glissement des constructions, et l'état de dégradation avancé de ces maisons qui tombent en ruine ne favorisent pas toujours des investissements qui font dans le sens de la rénovation des réseaux d'assainissement, ni dans celle de la collecte, et de l'évacuation des ordures ménagères.

II-10- SATURATION DU RÉSEAU ROUTIER, ET CARENCE EN AIRE DE STATIONNEMENT : AUGMENTATION DE NUISANCES ET INTENSIFICATION DE LA POLLUTION

Un autre phénomène qui vient s'ajouter pour rendre la vie encore plus difficile sur le plan de l'hygiène environnementale et sanitaire, est sans doute, la saturation du réseau routier par la circulation automobile. Les carences en aires de stationnement, et la progression du parc de voitures qui ne cesse de croître, ont conduit les responsables de l'urbanisme de Constantine, à occuper en aires de stationnement, les îlots que nous avons complètement, rasé de leurs constructions males entretenues.

L'installation de parkings sur ces surfaces mal occupées, dégradent l'environnement, agressent la santé des populations exposées aux effets nuisibles du bruit, et de la pollution.

Les aires de stationnement situées dans ses îlots à caractère résidentiel, apportent plus de laideur, et de poussières. Les gaz que dégagent les échappements des véhicules provoquent la viciation de l'air que nous respirons. Le ronflement des moteurs, et l'usage abusif des klaxons aggravent la pollution sonore.

Photo n°55 : **Parking surchargé dans la vieille ville (Charaa)**



Source : Auteur 2007

Ainsi, avec l'installation des aires de parkings pour voitures dans ces grandes poches vides, et repoussantes; l'on assiste alors à l'accélération de la dégradation de ce patrimoine historique agressé par la voiture qui aggrave davantage la pollution dans ces îlots qualifiés par de nombreux chercheurs comme étant insalubres.

II-11- LES PROJETS D'INTERVENTIONS ET D'AMENAGEMENTS POUR SAUVER LA VIEILLE VILLE

Depuis plus de quatre décennies, la vieille ville de Constantine subit le poids de sa démographie, et l'ampleur des transformations de son cadre bâti. Pour beaucoup de chercheurs, la médina est en danger si rien fait pour assurer sa pérennité. Dans beaucoup d'îlots de la Médina de Constantine, on ne retrouve que

quelques murs encore debout de ces maisons à un ou deux niveaux, ou seulement quelques traces laissées par des murs rasés jusqu'au sol. Tout cela, témoigne de l'importance, et de l'ampleur de la dégradation des constructions, dans toute cette partie de la ville qui continue à subir les effets de la dégradation exercée par les locataires, qui interviennent eux même dans la destruction des bâtisses. A l'exception de quelques interventions sporadiques, la médina est depuis longtemps abandonnée à son triste sort. En 1960, deux études ont été produites, l'une, dans le cadre général de l'aménagement de l'agglomération réalisée par Calsat⁷³ et l'autre par le BERU⁷⁴.

Depuis le début du siècle on visait à faire sortir le centre européen du rocher. Ce dernier était alors un espace "sensible" dans l'agglomération, habité principalement par les algériens (80%), il regroupait la plupart des éléments essentiels de l'administration française et des établissements commerciaux européens.

En 1975, une préoccupation nouvelle apparaît vis à vis du rocher, mais posée en termes de "zone à rénover" par le PUD. A titre conservatoire, le bureau d'études communal a bloqué les permis de construire.

En 1978 et 1979, les bureaux d'études étaient préoccupés par l'urbanisation de la périphérie. Le rocher n'était à ce moment qu'objet de débats qui gravitaient autour de trois axes: - Garder les activités, Préserver l'héritage, Détruire et construire autre chose. En 1982, un projet de la wilaya dont dépend la médina prévoyait même de la raser⁷⁵ en partie pour y construire des tours. Mais la direction régionale du centre national d'études et de réalisations urbaines (CNERU) qui produisait à la même époque une actualisation du PUD de la ville de Constantine, repose le problème de la médina en terme de "rénovation"⁷⁶ (PAGAND. B et SAHRAOUI. B, 1998) [15], et insiste sur la préservation des monuments classés, et sur le caractère exceptionnel du site, lui aussi classé (Les gorges du Rhumel).

⁷³ J.H. Calsat (architecte - urbaniste), l'enquête urbaine à Constantine, atlas de Constantine 1960.

⁷⁴ Bureau d'études et de réalisations urbaines, étude préalable à l'aménagement du Rocher de Constantine 1960.

⁷⁵ On rappelle que l'idée de la rénovation totale de la vieille ville fut proposée en 1961 par le bureau d'étude d'urbanisme de J.H. CALSAT.

⁷⁶ La rénovation urbaine est une opération physique qui, sans modifier le caractère principale d'un quartier, constitue une intervention profonde sur le tissu urbain existant pouvant comporter la destruction d'immeubles vétustes et la reconstruction sur le même site, d'immeubles de même nature. In. Opération d'intervention sur le tissu urbain existant, art. 2, du journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire, n° 49, nov.83. Voir l'aménagement du centre ancien de Constantine, B.PAGAND et B. SAHRAOUI, in cahiers de l'URBAMA n°14, 1998,PP.109 à 123 , Université François – Rabelais TOURS.

Depuis, l'ensemble des pouvoirs algériens ont pris conscience de la nécessité de sauver ce tissu ancien. En 1988, un découpage de la ville en 10 arrondissements est arrêté sans la prise en considération de la polarisation du centre. A la même époque, le Wali réitère le projet "Médina" et avance, un budget de 10 milliards de dinars pour financer l'intervention. C'est ainsi que deux commissions interdisciplinaires ont été constituées. La première commission culturelle est chargée de choisir les monuments qui présentent un intérêt historique et artistique (une liste de 127 édifices a été retenue), et de préciser et délimiter les quartiers à intervention urgente.

La seconde commission technique qui devait, sur la base des propositions de la première commission et celles de l'URBACO, passer à l'intervention. A l'instar de ces deux commissions, la mairie de Constantine a installé une cellule de préservation du « Rocher » en juillet 1988. La cellule avait pour tâche d'actualiser les données physiques et sociales, de recenser le nombre de familles à transférer, de délivrer les permis de construire en médina. Cette cellule sera confrontée aux problèmes de relogement, d'expropriation et de financement.

A la même date, la direction des infrastructures, et de l'équipement commande au bureau d'infrastructure sanitaire (BEIS) deux études de rénovation concernant les quartiers Souika et Charaa. L'étude de Charaa est achevée depuis 1989 mais la réalisation du projet est restée bloquée pour des raisons financières, sauf pour le palais Ahmed Bey, et quelques îlots qui sont en cours de rénovation depuis de nombreuses années. En 1984, l'instruction présidentielle (n° 13 de 1984) impliquant une nouvelle conception de l'aménagement urbain, où la ville est considérée globalement, et où la restructuration des espaces périphériques, la rénovation des quartiers centraux et la revalorisation du patrimoine sont des axes clés, est très vite suivie d'effet à Constantine en ce qui concerne le centre ancien. A la même date, la création d'un périmètre de rénovation dans la ville au lieu dit "le Rocher" est approuvée par le décret n° 83/684 de novembre 1983⁷⁷, et le bureau d'urbanisme de Constantine (URBACO) est chargé par l'A.P.C de la restructuration et de la rénovation du centre ville⁷⁸. Le dossier d'étude achevé, accompagné des délibérations de l'A.P.C. et de l'exécutif de la wilaya est transmis au ministère de

⁷⁷ Le décret n° 83/684 de novembre 1983 est le premier instrument juridique qui permet la protection des sites non classés.

⁷⁸ Voir l'aménagement du centre ancien de Constantine, B.PAGAND et B. SAHRAOUI, in cahiers de l'URBAMA n°14, 1998, PP.109 à 123, Université François – Rabelais TOURS.

l'urbanisme de la construction et de l'habitat (M.U.C.H.). La prise en charge de cette étude, nécessitant des propositions détaillées, n'est pas acceptée par l'URBACO, car non prévue au budget.

EN 1992, une instance de classement est ouverte en vue de classer la médina comme site historique (J.O n° 22, 22 mars 1992). A compter de ce jour, et selon l'article 24 de l'ordonnances tous les effets de classement s'appliquent de plein droit à la médina,

En 1993, dans le cadre d'une convention APC – IAU (Institut d'architecture), l'étude de la résorption de l'habitat précaire, bidonvilles et vieille ville, a été confiée à l'institut d'architecture et d'urbanisme de Constantine. Cette étude proposait une dédensification des maisons en bon et moyen état de la basse Souika, l'évacuation des maisons vétustes, et le nettoyage des espaces vides de cette même unité spatiale. En 1994 (septembre), dans le cadre de la convention APC – IAU, un POS de la basse Souika a été réalisé par les étudiants en fin de cursus.

En 1995 un dossier d'appel d'offre, concernant les travaux de nettoyage de la vieille ville est réalisé par la SEAU (société d'étude d'architecture et d'urbanisme). Il visait à court terme l'amélioration des conditions d'habitabilité, arrêter les dégradations massives et préparer les terrains vides pour une urbanisation future. 53 bâtisses vétustes de la basse Souika devant être réhabilitées sont inscrites dans le cadre de cette opération de nettoyage de la vieille ville.

Le PDAU épouse la même démarche suivie par le PUD pour le fonctionnement du groupement d'urbanisme de Constantine, ce qui impliquera les mêmes conséquences sur le centre. Il propose des opérations d'aménagement : La restauration et la rénovation des tissus urbains ; la viabilisation des cités périphériques ; l'éradication des bidonvilles.

En 1996, l'A.A.D.L (Agence nationale de l'amélioration et du développement du logement) reprend la réflexion sur le projet de rénovation des quartiers de la vieille ville. Suite aux différentes concertations avec les services publics, les collectivités locales, et les associations, proposent le lancement de deux opérations d'aménagement et d'investissement pour un programme d'habitat et d'équipement sur deux îlots : l'îlot Charaa et Souika. (ZAKAD. A, 1996) [16] Si les opérations menées dans le cadre de la préservation et de la sauvegarde de la vieille ville, sont multiples et variées, sur le terrain, la vieille ville se dégrade de plus en plus. Ainsi par

ces actions dispersées (conservation, dédensification, restauration⁷⁹, réhabilitation⁸⁰, rénovation⁸¹, préservation, valorisation, protection, régénération), et par les nombreux obstacles rencontrés pour sauver ce patrimoine historique, les projets changent, ou disparaissent en fonction des nouveaux responsables chargés de la gestion de la ville. Une étude est lancée par la wilaya avec l'université de Rome. Cette étude prévoit l'aménagement des espaces vides par des placettes, parking et espace de détente, la reconstruction des unités d'habitation au bord du Rhumel tout en gardant la typologie traditionnelle, la réalisation d'un accès mécanique de secours et d'approvisionnement au dessous du pont Sidi Rached, la reconstruction de quelques parties du tissu historique, etc. En attendant, la médina poursuit son déclin.

Conclusion

Mal entretenue, laissée à l'état d'abandon pendant des décennies, la vieille ville se dégrade de plus en plus. Pour son histoire, son architecture, sa situation, sa fonction de centre, la vieille ville a fait objet de préoccupation par de nombreux chercheurs à travers de nombreux débats sur son devenir. Université et Wilaya ont organisé plusieurs colloques, et séminaires, le tout est complété par des études de thèses de Doctorat, et de mémoires de Magister. Toutes ces manifestations qui ont fait appel à des spécialistes de diverses disciplines, et toutes les démarches et les actions entreprises pour sensibiliser l'opinion publique, afin que ce tissu originel soit préservé et entretenu, montrent bien qu'il y a convergence d'attention sur cette partie qui se distingue par son caractère exceptionnel, et par son architecture unique,

⁷⁹ Des projets de restauration ont été recensés à Constantine, touchant aux édifices à caractère public, datant de l'époque coloniale qui se trouvaient dans un état de dégradation alarmant faute d'entretien, et d'intensification de la pollution qui dégrade matériaux et peintures des constructions: c'est le cas notamment du théâtre de la ville. La restauration du palais Ahmed de Constantine qui était à la fois demeure de la famille du Bey, puis siège de l'état major de l'armée française en 1860, a connu la première étude de restauration et de la mise en valeur du palais par la société polonaise PKZ. En 1986, l'étude complète de la restauration du palais a été faite sur 53 volumes et en 2002 le démarrage des travaux de restauration du palais, ont commencé. Aujourd'hui après plus de vingt années passées de la phase d'expertise, le palais n'est pas encore ouvert.

⁸⁰ A Constantine, plusieurs opérations ont été réalisées. L'on peut citer le cas du théâtre de Constantine, les habitations de l'ancien quartier juif, la rue Mellah Slimane dans la basse casbah, etc.

⁸¹ Plusieurs projets de rénovation du vieux bâti colonial ont fait objet d'étude de réhabilitation ou de rénovation. Au niveau du centre ville, dix neuf projets de rénovation sont recensés à travers le vieux rocher de Constantine. La partie haute de la médina a fait l'objet déjà de travaux sur le boulevard Zighout Youoef (ex boulevard Joly de Brésillons), à hauteur de la wilaya, et de la mairie dont les façades assez bien entretenues tranchent avec l'état d'abandon des bâtisses ciblées par la rénovation. Dans la vieille ville, la rénovation de plusieurs îlots à consister seulement à raser les constructions délabrées ou qui exposent la vie des citoyens au danger, néanmoins rien n'a été réalisé sur ces espaces vides qui servent de parking ou de décharge.

mais qui se ressemble aux autres entités urbaines des qu'il s'agit des problèmes d'urbanisme que connaît Constantine : dégradation des constructions, glissement, carence en eau potable et assainissement, transformation des milieux naturels en égouts et décharges, tassement de population, pollution, etc.

La vieille ville qui ne trouve toujours pas de solution aux problèmes qu'elle subit, a par ailleurs fait objet d'étude par des bureaux d'architecture et d'urbanisme nationaux, et étrangers, qui ont proposé des plans de restructuration de la médina, la restauration et la réhabilitation de nombreux bâtiments d'origine Ottomane et Française, et enfin la résorption des habitations précaires qui menacent la vie des populations.

Tout au long de ce second chapitre nous avons essayé de montrer que toutes les actions qui ont été menées pour assurer la préservation de ce patrimoine hérité, n'ont pu aboutir, car le problème de la médina est beaucoup plus complexe. Les opérations entreprises sur ce tissu ancien restent très limitées, et par conséquent, elles ne peuvent empêcher la dégradation, ni assurer l'amélioration des conditions d'hygiène, et de salubrité. Si l'histoire nous a appris que la colonisation française a transformé une partie de la vieille ville par des actions de démolition, de réaffectation de nombreux bâtiments, élargissement des voies, alignement et élévation des constructions, transformation des façades, création de places, construction de grands équipements ; aujourd'hui la réflexion doit porter sur le résultat des actions qui ont été menées sur ce tissu ancien depuis l'indépendance, et sur l'entretien que mérite ce tissu ancien. Dans les perspectives d'avenir toutes les démarches doivent aller dans le sens de l'amélioration des conditions d'hygiène et de salubrité, et toutes les actions à entreprendre doivent prendre en compte la dimension environnementale. Ces actions doivent concerner, l'ensemble des entités urbaines qui structurent la ville de Constantine.

CHAPITRE III : ÉTALEMENT DE CONSTANTINE: UNE CROISSANCE EN RUPTURE SUR UN SITE DIFFICILE

Introduction

Le développement non contrôlé de Constantine, a depuis les trois dernières décennies, détruit la nature, agressé de nombreux paysages, et consommé des milliers d'hectares de terres agricoles, qui sont perdues à jamais pour l'agriculture. S'étalant démesurément dans toutes les directions, Constantine métropole régionale, éclate dans son site, et n'arrive plus à arrêter sa croissance qui déborde au-delà des limites de son périmètre d'urbanisation.

Ne pouvant contenir toute sa population sur son site difficile, Constantine subit alors, les effets de son poids démographique, et de son urbanisation anarchique. La ville déborde en dehors de ses limites par la construction de nouvelles entités urbaines qui s'établissent sous forme de : lotissements, habitations évolutives, habitations promotionnelles, ZHUN, et d'habitations précaires.

Installées en rupture les unes des autres, ces entités urbaines de taille égale à celle d'un gros village, sont toutes dépendantes dans leur fonctionnement du centre historique.

La prolifération de nombreuses entités informelles dans la ville, et dans sa périphérie, la dégradation de nombreuses constructions exposées aux effets de glissement, la construction de grands ensembles collectifs qui étouffent la ville et qui envahissent les banlieues, la multiplicité de rejets sauvages qui polluent la nature et l'environnement, sont autant de conséquences néfastes de cet urbanisation anarchique qui complique encore plus, le problème de l'intensification de la pollution, et de nuisances à l'échelle du Grand Constantine.

Le report de croissance sur les villes satellites d'El Kroub, Ain Smara, Didouche Mourad, et Hamma Bouziane, n'a fait que transférer les problèmes du surplus de population sur les anciens villages coloniaux qui se remplissent de manière anarchique, en mordant des milliers d'hectares de terres agricoles les plus riches. Sans substrat économique important, ces centres augmentent le congestionnement du centre.

La construction de la ville nouvelle comme solution aux problèmes du développement anarchique de Constantine risque de produire dans les prochaines décennies plus de problèmes pour la ville de Constantine (dépendance vis-à-vis des commerces et services du centre, congestionnement, embouteillage, tassement de

population, etc.), à moins comme le disait Marc Côté dans la dernière phrase de la conclusion de son ouvrage **Constantine** –cité antique et ville nouvelle-

" C'est une chance pour la ville de Constantine d'être constituée demain à la fois d'une vieille cité très enracinée dans l'histoire, et d'une ville neuve, de poids presque équivalents, et apte aux innovations du monde moderne et de la mondialisation. Aux responsables de saisir cette chance, aux populations de la vivre".

III-1- CONSTANTINE A L'ÉPOQUE COLONIALE : DE LA MÉDINA A LA VILLE

L'extension hors des limites du Rocher n'a pu être établie qu'après la colonisation de la ville par les français le 13 octobre 1837.

Photo n°56 : **La place de la Pyramide**



Nous assistons à partir de cette date à la transformation du tissu urbain traditionnel de la vieille ville puis à l'expansion de la ville qui fut tributaire de travaux considérables. Emile Morinaud, député-maire de Constantine et ancien ministre, transforme profondément la ville, et lui donne l'aspect qu'on lui connaît aujourd'hui. (photo n° 56)

Parmi les travaux importants exécutés à cette époque l'on peut citer : la construction des ponts, la réfection des égouts, la création des squares, des kiosques à musique, le musée, le monument des morts de Sidi M'cid.

Sur la place de la Brèche et dans ses environs, on construit de grands bâtiments publics comme le casino, la poste, l'université populaire, la maison de l'agriculture, le palais de justice, la banque, le théâtre.

Lors de la visite de Napoléon III en 1865 à Constantine, la décision fut prise pour raser la colline du Coudiat, et pour installer la gare d'el-Kantara. Depuis, des faubourgs furent construits près de la gare, puis autour de la colline du Coudiat, où l'on a construit le faubourg Saint Jean.

La construction du pont suspendu de Sidi M'cid, et du pont de Sidi-Rached pour établir la communication entre l'est et l'ouest de la ville, ont permis la création de nouveaux quartiers à Sidi Mabrouk, et au Faubourg Lamy.

Pendant les années trente où les campagnes algérienne étaient à l'origine de l'émigration vers la France, ou vers les grands centres urbains, il fut construit à Constantine dans les zones instables, où la déclivité des terrains est importante (pente supérieure à 30%), une nouvelle forme de croissance spatiale qui marque la création des premiers bidonvilles de Constantine. *"A partir des années 1930, l'afflux des populations rurales vers les villes, attirées par de nouvelles sources d'emplois a provoqué la surdensification de la cité traditionnelle et la création spontanée des faubourgs populaires périphériques"*. (BOUHENNI. D, 1997) [17]

Tout près des arcades romaines, aux alentours de la décharge publique située dans la ville, sur les berges du Rhumel, sur les terrains de l'ancien abattoir, au voisinage immédiat de la vieille ville, au chalet des pins, au quartier du Bardo, et du pont du diable, on installa les premiers taudis de Constantine.

A partir des années 1950, le facteur démographique constitue alors, l'élément moteur de la croissance urbaine, et de l'extension de la ville. Le phénomène d'émigration s'amplifie, et la population algérienne de Constantine qui était approximativement identique en 1936 à celle de la population européenne, sera deux fois supérieure en 1954⁸². (HAFIANE. A, 1969) [18]

Ce renversement de rapport entre la population européenne, et la population algérienne s'est traduit spatialement par une extrême saturation de la vieille ville, et surtout par une dynamisation du secteur informel.

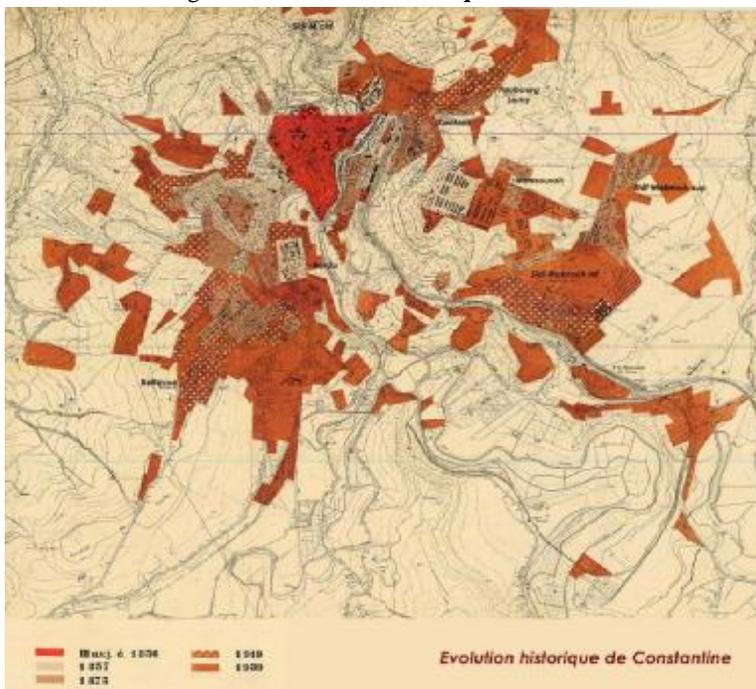
Parallèlement à cette situation de saturation, et de densification de la vieille ville, on assiste à la prolifération des bidonvilles, et au développement des constructions illicites au 4ème kilomètre (route de Batna), à Sidi Mabrouk, et à la cité Améziane. Après 1954, les autorités coloniales réaliseront des cités de recasements, et des cités évolutives⁸³. Les cités de recasements et évolutives réalisées durant la dernière décennie de la colonisation à Oued El Had, El Bir, les Mûriers, Halbedel, au faubourg Lamy, présentent toutes un tracé géométrique régulier. Elles sont réalisées dans une perspective de réduire le surpeuplement des bidonvilles construits en durs, de résorber les bidonvilles sommaires, et d'arrêter leur extension. Les cités de recasement sont des maisons à cours aux surfaces habitables exigües, assemblées

⁸² "En 1936 la population algérienne comptait 56.363 et la population européenne 50.467. En 1954 elles sont respectivement de 102.650 personnes et 40.675 personnes ". Hafiane, (1969)

⁸³ La cité évolutive d'EL BIR, compte 1142 logements évolutifs d'une superficie de 24 à 34 mètres carrés, 67 boutiques, et 36 caves, 65 parkings pour voitures. Le nombre d'habitants est de 5000 personnes soit 1000 hab/ha. La surface du terrain est de 5 hectares, la superficie bâtie au sol est de 9712 mètres carrés

le long des voies de circulation étroites, occupées par des habitants qui ont transités des bidonvilles situés aux abords du Rhumel, de l'ancien abattoir, de Fedj el Rih, ou du Bardo. Les années 1950, connaissent aussi "le Plan de Constantine", lancé en décembre 1958 en écho au déclenchement de la révolution de 1954. Ce dernier a accéléré les travaux de construction des grands ensembles, caractérisés par des immeubles à caractère locatif. De grande dimension, souvent implantés dans les zones d'expansions situées à la périphérie de l'ancienne urbanisation, ces immeubles hauts inscrivent dans l'espace urbain de Constantine, une nouvelle forme d'habitat en Algérie qui fait rupture avec l'ancienne forme d'habitat à construction basse. Rendu possible par la construction des ponts et des routes, l'extension urbaine de Constantine suit le site des vallées et des collines (faubourg Lamy et de Sidi Mabrouk), et enfin le plateau du Mansourah pour les emprises militaires.

Fig. N°8 : Évolution Historique de Constantine



A Constantine, l'effort accompli jusqu'en 1962 dans le domaine de la construction s'est fait dans trois directions principales qui sont: 1- Belle vue, koudiat Aty et Saint Jean à l'ouest, 2- pentes d'El Kantara au nord-est, 3- plateau de Sidi Mabrouk à l'est. (Fig. n°8)

Source : PDAU de Constantine 1998

Pendant toute la période coloniale, l'extension de la ville s'est faite sur des sites d'accès difficiles et escarpés, et où les terrains sont parfois exposés à des risques de glissement, notamment à Bellevue ouest et à la cité Fadila Saâdane où, les premiers bâtiments construits à R.D.C + 4 datent de 1961.

III-2- CONSTANTINE APRÈS 1962 : CROISSANCE ET DYSFONCTIONNEMENT

Le départ des européens en 1962, a généré un exode rural massif. Le déferlement des populations dans le centre et dans la périphérie de la ville a bouleversé le fonctionnement, et la croissance de Constantine. Tout cela s'est traduit par la dégradation des habitations qui composent le tissu colonial, et par la transformation de la vieille ville en entité urbaine la plus dense, et la plus exposée à la dégradation. Par la suite, la ville s'est éclatée dans toutes les directions, et de nombreux sites agricoles furent alors occupés par des habitations précaires, par les bidonvilles, et par les constructions spontanées et illicites.

Depuis 1962, les urbanisations spontanées à Constantine, ont pris un essor colossal au point qu'il est devenu aujourd'hui difficile d'exclure ces entités qui se forment, et qui se développent sous forme de grands quartiers qui s'enracinent sur des sites pentus et instables, situés à la périphérie de la ville. C'est le cas notamment de Benchergui (photo n°57), de la cité Ben Tellis tout près de la gare routière (photo n°58), de la cité El Manchar, etc.

Photo n°57 : **Les constructions de Benchergui**



Source : Auteur 2007

Photo n° 58 : **La Cité Ben Tellis**



Source : Auteur 2007

Le facteur démographique à cette époque a pesé lourdement sur la croissance de la ville de Constantine, le déficit en logements était énorme, et la demande ne cessait de peser encore plus, et de s'amplifier davantage chaque année.

III-3- L'EXTENSION DE CONSTANTINE DE 1962 A 1977: L'INDUSTRIE UN FACTEUR DE PROLIFÉRATION DE L'HABITAT PRÉCAIRE

Après l'indépendance de l'Algérie, la ville de Constantine s'est développée d'abord dans le prolongement des quartiers européens : Belle Vue, Faubourg Lamy,

Saint Jean, Sidi Mabrouk, Fadila Saâdane, puis à la périphérie sur des terrains vagues et difficiles à l'urbanisation.

De 1962 à 1977, le ministère le plus puissant étant celui de l'industrie, il élaborait et appliquait sa politique spatiale. Pendant cette période, la majeure partie des investissements alloués par les plans de développement (plans quadriennaux 1970-1973 et 1974-1977), étaient plus orientés vers les secteurs productifs par lesquels devaient se réaliser les objectifs économiques et sociaux.

Les ministères, les organismes publics, et les sociétés nationales bénéficiaient de vastes terrains pour leurs projets grâce à des décisions administratives. Cette politique foncière a produit une urbanisation uniforme qui ne se souciait pas de la perte des terrains de valeur naturelle et agricole autour des villes, ni de l'altération que cela produit sur l'homme, et sur l'environnement.

Les conséquences urbanistiques étaient néfastes, et le développement non contrôlé donnait naissance à de plus en plus de bidonvilles, et d'habitations précaires.

Durant la première décennie de l'indépendance, la construction a été quasiment gelée. Le logement, l'habitat, et encore moins l'environnement, ne constituaient pas les secteurs prioritaires. La priorité a été accordée au secteur productif : **l'industrie**.

Les installations de grands complexes industriels qui attiraient de plus en plus la population des campagnes, occupent de vastes étendues de terres irriguées situées aux portes de la ville, et dans sa périphérie : le cas des unités de Palma 74 hectares, Lamoricière 49 hectares, la zone industrielle du Rhummel 94 ha, celle de Boumerzoug 41 ha, Ain Smara 262 ha, El.Kroub (Oued Hamimine) 74 hectares. (A.N.A.T, 1996) [19]

L'industrialisation, élément moteur de la croissance urbaine, a activement accéléré le processus de la dégradation de l'environnement, et compliquer un peu plus les problèmes d'hygiènes environnementales, en multipliant des formes d'habitat de types bidonvilles qui occupent plus de 42 sites en 1977. (Hafiane. A, 1989) [20]

La première phase de la croissance de Constantine allant de 1962 à 1977 est caractérisée par :

- l'achèvement des constructions laissées avant 1962 par l'office des H.L.M en état de carcasses ou au stade des implantations : le cas des habitations à RDC+13 du Ciloc (photo n°59),
- l'installation de grands complexes industriels,
- le lancement de programme de construction des grands ensembles,

Photo n°59 : Immeubles du CILOC de Constantine



Source : Auteur 2007

Les habitations à loyer modéré du CILOC, ont été programmées dans le cadre du plan de Constantine. Leur construction a été réalisée après 1962. Les cinq bâtiments du Ciloc qui s'alignent le long de ce large boulevard, subissent les effets du glissement, et de la pollution : Flux des véhicules, problème des rejets solides sur la façade arrière.

III-4- LE DEVELOPPEMENT SPATIAL DE CONSTANTINE APRÈS LES ANNÉES 1980

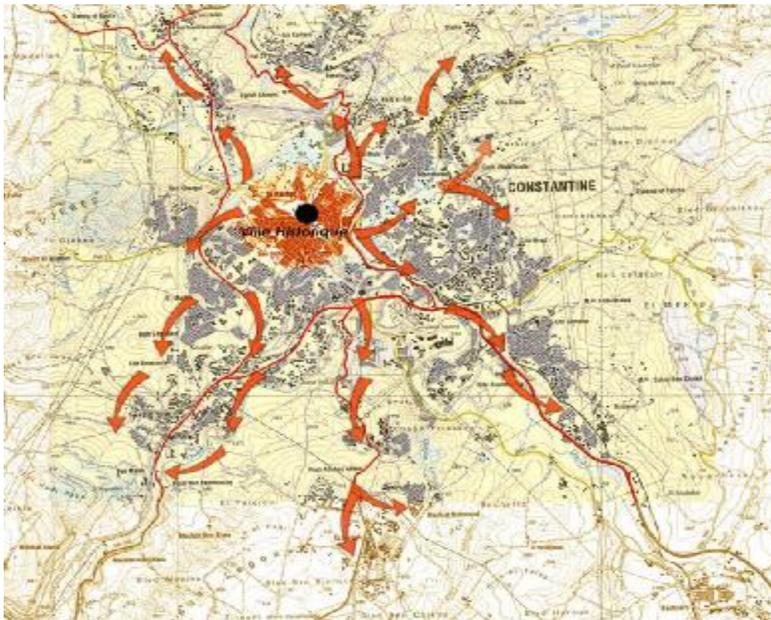
Après les années 1980, le développement urbain de Constantine a continué à consommer l'ensemble des terrains encore disponibles à la périphérie, le long des vallées, et des voies de circulation reliant Constantine à ses satellites. Le développement anarchique étale la ville dans les directions des routes les plus importantes : la nationale n° 5 qui relie Constantine à Alger, la nationale n° 3 qui relie Constantine-Batna-Skikda, la nationale n°10 et 20 qui relie Constantine – Tébessa, Tébessa à Guelma, la route nationale n° 27 qui relie Constantine - El Milia-Jijel, et enfin la route nationale n°79 qui relie Constantine - Mila - Ain M'lila. (Fig. n°9)

Par ce processus d'urbanisation, les terrains privés ont fait l'objet d'une friche alimentant le marché foncier parallèle qui a contribué à développer un type d'habitat individuel à croissance spontanée. Cela a donc accéléré l'urbanisation d'un habitat illicite aux alentours des unités de productions, sur certains sites difficiles d'accès (Sissaoui, Benchergui, etc.), à proximité des zones d'habitations collectives, ou à la périphérie des lotissements publics. Ces nouvelles formes d'urbanisation sont mal intégrées à la structure de la ville. Non raccordées au réseau d'assainissement urbain, ces entités marginales spécifiques aux couches populaires, intensifient la pollution, et dégradent l'environnement.

Le problème environnemental est alors posé, et la dégradation du milieu urbain commence à prendre des dimensions inquiétantes. La ville se transforme par la construction de nouvelles entités qui ne contribuent pas à l'urbanité de Constantine. L'intensification de la pollution visuelle s'amplifie par le hérissément des antennes paraboliques sur le toit, et les façades de ces constructions hideuses et/ou inachevées. La multiplication des rejets liquides polluent l'environnement et contaminent les eaux souterraines. Les abords des oueds se transforment en décharges qui reçoivent les rejets domestiques. Pendant la première moitié des années 1980, Constantine connaîtra la construction massive des grands ensembles sur les terres agricoles, et l'intensification de la construction individuelle qui s'explique entre autre par l'incapacité de l'État à faire face à une demande croissante en logement, mais surtout à l'évolutivité, et à l'intégration d'activité qui permet en tout cas à ce type d'habitat de s'améliorer, et de s'agrandir au fil du temps.

Des centaines d'hectares sont grignotés à l'agriculture et furent alors urbanisés pour apporter encore plus de pollution à la ville. Les périphéries se transforment, et se remplissent de constructions qui remplacent le couvert végétal qui assurait l'oxygénation de la ville. Les campagnes se vident de leur population. Les paysages changent, et se transforment.

Fig.n°9 : Extension de Constantine le long des axes routiers



Source : PDAU de Constantine 1998

La dégradation des milieux naturels s'est intensifiée sur tous les sites de collines, où sont installées des habitations précaires et illicites. Ces entités sont dépourvues de tout élément de confort, et de tout équipement de base.

Depuis la création des premières Z.H.U.N⁸⁴ qui connaissaient toutes sortes de difficultés, de retards dans la réalisation des équipements⁸⁵ socioculturels, commerciaux et de loisirs, la priorité est donnée à la production de logements en série, plutôt qu'à l'amélioration du cadre de vie, et à l'introduction de la nature dans la ville. Dans ces grands ensembles caractérisés par l'unicité d'aspect, de forme, de fonction, et de répétitivité des bâtiments, c'est la ville de Constantine qui subit encore une fois de plus, les problèmes de ce développement rapide, et incontrôlé qui a fait éclater la ville dans toutes les directions. Le souci de préservation de l'environnement est relégué au second plan.

Ainsi, après un retard considérable dans la production de l'habitat urbain, l'État s'est chargé, à partir de la deuxième moitié des années 1970, de la quasi-totalité des programmes de logements, sous forme de grands ensembles, de lotissements, ou d'auto construction; ce qui a conduit à une urbanisation consommant des sols urbains d'une manière irrationnelle, et à un gaspillage des meilleures terres agricoles.

La politique des grands ensembles, et de l'habitat illicite comme processus de développement, n'a en effet qu'aggravé la dégradation de l'environnement, et accéléré le processus de mutation, et de déséquilibre de la ville de Constantine où règne un grand désordre.

Ainsi à la fonction essentiellement agricole, il s'est substitué durant deux premières décennies de l'indépendance, la fonction d'industrie, et la fonction de résidence où, les nouvelles périphéries sous formes de Z.H.U.N, et d'habitations individuelles, ont complètement dévasté les meilleures terres agricoles occupées autrefois, de maraîchères, vignobles et céréales.

Les deux premières décennies de l'indépendance ont été marquées par l'ampleur des problèmes liés à la pollution qui commençaient à prendre des dimensions inquiétantes. L'industrie et l'agriculture étaient pendant toute cette période, les deux

⁸⁴ A partir des années 1974, le secteur du logement est relancé, et les premières cités d'habitations sont réalisées dans le système de la préfabrication lourde. C'est le début de la standardisation du bâtiment à Constantine, donc de la production en série des logements collectifs qui seront implantés dans les lieux dit aujourd'hui : le 5 juillet, Daksi, Ziadia, et dans beaucoup de sites de collines situées à la périphérie de la ville. A la même date, on assiste aussi à une nouvelle forme d'habitat "illégal", où l'occupant est prioritaire du logement. C'est un nouveau phénomène de banlieusardisation et de ruralisation qui se met en place.

⁸⁵ L'absence d'équipements pendant de longues années a contribué fortement à la surcharge du centre ville de Constantine, et à son congestionnement, puis à l'absence d'animation et de vie associative dans les Z.H.U.N.

secteurs qui ont le plus consommé l'eau potable, et rejeté le plus de rejets liquides chargés de nombreux polluants, et agents pathogènes, que la nature ne peut facilement éliminer.

A partir de la seconde moitié des années 1980, le phénomène de la transgression de la nature, et des dispositions d'urbanisme, se sont aggravés. Les prélèvements par l'urbanisation des terres agricoles se chiffrent par des milliers d'hectares.

Le besoin d'une production massive de l'espace urbain, selon des normes et des règles radicalement nouvelles, imposera l'application d'instruments d'urbanisme, qui obéissent au modèle de ville fonctionnaliste défini par la charte d'Athènes. Ce modèle de ville a pour principes généraux: le fonctionnalisme, le zonage, le grand ensemble, et l'installation des équipements d'après une grille établie en fonction d'une hiérarchie allant de l'unité de voisinage (800 à 1200 logements) au grand ensemble (10.000 logements), en passant par le quartier (2500 à 4000 logements). Globalement ces instruments "P.U.D, P.M.U" ont eu pour effet d'introduire de grands bouleversements morphologiques sur les tissus anciens, produisant les grands ensembles qui trouvent d'énormes difficultés à s'intégrer aujourd'hui à la structure de la ville ancienne.

La seconde phase de développement est donc caractérisée par la relance du secteur du logement avec la création des grands ensembles sous forme de Z.H.U.N, et par l'essor d'un habitat illicite en dur.

III-4-1- Le groupement de Constantine

En 1982, le Centre National des Études de l'Urbanisme et de la Construction (CNERU), réétudia l'ancien PUD en le réactualisant pour des raisons de contraintes du site, et on proposa le groupement de Constantine, qui signifie l'annexion des communes d'Ain Smara, El Kroub, Didouche Mourad et Zighoud Youcef à la ville de Constantine. En contre partie, ces villages d'origine coloniale, vont bénéficier sur leur territoire de zones industrielles, et de zones d'habitations urbaines nouvelles ou ZHUN. L'évolution de la population urbaine entre 1977 et 1987, a été vertigineuse dans tous les chefs lieux de communes (Tableau n°3) avec un accroissement en valeur relative de 244,48 pour le Kroub, 146,98 pour Hama Bouziane, de 179,62 pour Didouche Mourad, et 280,73 pour Ain S'mara, et il n'est que de 127,42 pour Constantine. Les projections démographiques prévoient une

évolution. Pour satisfaire les besoins de ses habitants en habitat, plusieurs programmes ont été mis en chantier afin de diminuer le taux d'occupation par logement qui est supérieur à 6.

Tableau n°3 : **Évolution de la population entre 1977 / 1987**

LOCALITE		POP RECENSÉE EN 1977	POP. RECNSEE EN 1987	ACCROISS EN VALEUR ABSOLUE	ACCROISS. EN VALEUR RELATIVE	T.A.G PAR AN	SOLDE MIGRATOIRE
CONSTAN TINE	A.C.L	343656	437917	94261	127,42	2,42	- 0,66
	COMMUNE	353415	447806	94391	126,70	2,39	- 0,69
EL KHROUB	A.C.L.	14962	36579	21617	244,48	9,35	+ 6,27
	COMMUNE	27455	50786	23331	184,98	6,34	+ 3,26
HAMMA BOUZIANE	A.C.L.	19252	28297	9045	146,98	3,92	+ 0,84
	COMMUNE	23703	36656	14205	163,27	5,89	+ 2,89
DIDOUCHE MOURAD	A.C.L.	4921	8839	3918	179,62	6,03	+ 2,95
	COMMUNE	10413	16547	6134	158,90	4,74	+ 1,66
AIN SMARA	A.S.	2815	10558	7743	375,06	14,13	+ 11,05
	COMMUNE	4864	13655	8791	280,73	10,87	+ 7,75
GROUPEMENT		419850	565450	145600	134,68	3,02	- 0,06

R G P H 1 9 8 7

Tableau n° 4 : **Ratio population /logement en 1987**

LOCALITE		POPULATION	LOGEMENT	MENAGE	T.O.L.	T.M.M.
CONSTANTINE	A.C.L	437 917	66 476	66 281	6,5	6,6
	COMMUNE	447 806	68 125	67 811	6,5	6,6
EL KHROUB	A.C.L.	36 579	6 489	5 660	5,6	6,4
	COMMUNE	50 786	8 343	7 707	6,1	6,6
HAMMA B.	A.C.L.	28 297	3 678	3 987	7,7	7,1
	COMMUNE	16 547	2 309	2 342	7,1	7,0
DIDOUCHE M.	A.C.L.	8 839	1 340	1 259	6,6	7,0
	COMMUNE	16 547	2 309	2 342	7,1	7,0
AIN SMARA	A.C.L.	10 558	2 117	1 686	4,9	6,2
	COMMUNE	13 655	2 705	2 210	5,0	6,1
TOTAL GROUPEMENT		565 450	86 244	85 288	6,5	6,6

Le P.A.W (plan d'aménagement de la wilaya) de Constantine a mis l'accent dans son étude sur le rôle que doit jouer l'agglomération de Constantine dans la région Est du pays, et dans sa propre wilaya. Le PDAU⁸⁶ préconise de garder, et de développer la position de métropole à l'échelle nationale. Constantine doit alors occuper le sommet de la hiérarchie dans le cadre de l'armature urbaine régionale, et par conséquent elle doit être le pôle d'excellence. Les investissements projetés dans la ville seront qualitatifs de tertiaire supérieure, et en matière d'urbanisme, le périmètre doit être figé dans ses limites actuelles afin d'atténuer l'hypertrophie de la ville. Le PDAU de Constantine en concordance avec les orientations du PAW propose des interventions sur le tissu urbain existant, et l'aménagement sur site vierge. Le groupement de Constantine est formé de cinq communes, qui par le voisinage et la proximité, forment un ensemble géographique cohérent. (Fig.10) La position de Constantine au centre ; place ces communes dans son champ d'attraction. Ain S'mara, el Khroub, Didouche Mourad, et Hama Bouziane, subissent le poids de Constantine, et deviennent par voie de conséquence ses satellites. Le groupement de Constantine dispose d'une multitude de structures lourdes et légères qui desservent une population d'environ un million d'habitants.

Ain Smara : L'attractivité de cette agglomération est la résultante de sa position géographique, et de sa proximité du chef lieu de Wilaya. Située à une vingtaine de kilomètres de la ville de Constantine, Ain S'mara a servi d'assiette à plusieurs projets de grande envergure telle les ZHUN, une zone industrielle à importance nationale de 262 ha. Dans un intervalle d'une décennie (période allant de 77/87), le volume de sa population à presque quadruplé (solde migratoire proche de 11,05 %).

EL KHROUB: Cette agglomération qui s'étend sur 24.465 hectares polarise cinq centres dont un principal, ainsi qu'une zone éparse. En matière démographique, elle est classée en seconde position après Constantine.

DIDOUCHE MOURAD: Distante d'environ une vingtaine de kilomètres de Constantine, le village de Didouche Mourad représente un pôle urbain stratégique en raison de l'importance qui lui a été accordée durant les deux dernières décennies. Didouche Mourad a connu l'implantation d'importants projets ayant concouru à son développement.

⁸⁶ Le P.D.A.U du groupement de Constantine approuvé par le décret exécutif N°98/83 du 25/02/1998.

HAMMA BOUZIANE: Renfermant une population de plus de 47.800 habitants, ce chef lieu de Daïra connaît le même phénomène d'attractivité, il dégage un solde migratoire positif et cela aux dépens de zones rurales restées livrées à elles-mêmes.

FIG. n° 10 : Le groupement de Constantine



III-4-2- Le groupement de Constantine: une croissance en rupture sur des sites difficiles

Après avoir consommé des centaines d'hectares de terres agricoles, et après avoir urbanisé les sites des collines situés tout autour de la ville, et enfoncé dans les espaces boisés des routes, et implanté des constructions, c'est toute la ville de Constantine qui est saturée. L'idée du groupement de Constantine est venue alors, comme réponse au problème de l'extension de la ville qui se fait dans toutes les directions, et comme solution au report de la croissance de Constantine sur les

anciens villages⁸⁷ d'origine coloniale du khroub, de Ain S'mara, Hamma Bouziane, et Didouche Mourad.

Tous ces villages d'origine coloniale qui ont permis à la ville de Constantine de disposer de milliers d'hectares sur lesquels ont été programmés des projets que la ville de Constantine ne pouvait contenir⁸⁸, ont connu en un temps relativement très court, leur passage de village colonial sans substrat économique viable, à de véritables petites villes, rayonnant dans leur espace immédiat.

Sur le plan urbanistique, la ville de Constantine, et ses satellites, ont connu un urbanisme de zonage. La grille des équipements des années 1960, a été le principal outil de planification, qui a répété à l'identique dans tous ces villages coloniaux, les mêmes unités d'habitation sous forme de Z.H.U.N, les mêmes zones d'activités, et les mêmes équipements (cités et centres universitaires, zones industrielles, équipements sportifs, culturels, éducatifs, administrations, etc.).

Ainsi, contrairement aux objectifs fixés, la ville de Constantine à continuer à consommer davantage de terres agricoles⁸⁹, à développer des zones d'habitat sans équipements d'accompagnement, et à polluer l'environnement par la prolifération de quartiers insalubres, et de lotissements dont les constructions sont restées toujours inachevés.

L'urbanisation rapide des villes de Constantine, Khroub, Ain S'mara, Hamma Bouziane et Didouche Mourad, n'a pas été suivie par une structure de planification et de gestion de l'ensemble des aires urbaines qui constituent ce groupement ; des problèmes de liaisons, et de services en communs (transports, déchets ménagers, assainissement, etc.), sont posés avec acuité dans toutes ces villes. Pour ne pas courir le risque d'endommager encore davantage, l'environnement pour les générations futures, "*les urbanistes doivent s'obliger aujourd'hui à penser l'organisme urbain à l'échelle du Grand Constantine*". (COTE. M, 2006) [21]

⁸⁷ El Khroub, Ain S'mara, Hamma Bouziane et Didouche Mourad, sont les quatre villes satellites de Constantine qui ont accueilli le surplus de population de la ville, et la population des zones sinistrées des bidonvilles, et de la vieille ville, que nous avons relogé dans les zones d'habitations urbaines nouvelles ou Z.H.U.N, dont les premières réalisations à Constantine datent des années 1974.

⁸⁸ La politique algérienne des années 1974 et 1984 a favorisé la promotion administrative de nombreuses petites villes qui ont reçu d'importants investissements financiers destinés au développement du secteur de l'habitat et à la création d'unités économiques.

⁸⁹ La ville de Constantine à elle seule, a consommé 2595 hectares en 1974, 2730 hectares en 1984, et 4700 hectares en 1994. (LEKEHAL. A, 20003)

La nouvelle politique urbaine de l'Algérie, qui accorde une place privilégiée en faveur des petites agglomérations en vue de rééquilibrer la hiérarchie urbaine, et atténuer du coup les phénomènes de macrocéphalie, n'a pas tout à fait réussi pour le cas de Constantine. (LEKEHAL. A, 20003) [22]

La taille de cette ville métropole a augmenté par son poids démographique toujours extensible, son extension s'est beaucoup intensifié, et la nature et l'environnement se sont largement dégradés. Le développement rapide qu'avait connu Constantine, est difficile à contrôler. Il a fait subir à la ville, les effets de son développement en taches d'huile.

III-5- LA VILLE NOUVELLE DE AIN EL BEY

Difficile de développer encore la ville de Constantine sur son site saturé, un terrain vide de 3000 à 3500 hectares pour une urbanisation entre le lieu dit les quatre chemins, et la bordure Sellem est retenue pour la création d'une ville nouvelle sur le plateau d'Ain el Bey. L'assiette retenue pour apporter une réponse au problème de saturation de Constantine, compte 1500 hectares pour une population allant de 200.000 à 300.000 habitants. La ville nouvelle Ali Mendjeli de Ain el Bey en construction compte aujourd'hui une population d'environ 100.000 habitants.

La création ex-nihilo d'une ville nouvelle sur le plateau d'Ain El Bey, a été retenue comme la seule alternative qui permettrait de soulager la ville de Constantine, et ses satellites, d'une congestion imminente, et stopperait la croissance anarchique. Constantine qui était à la recherche de plus en plus de terrains constructibles pour arrêter l'effet d'étalement de la ville qui posait de gros problèmes d'urbanisme (assainissement, transport, décharges, dégradation des constructions, tassement de population, etc.), s'est lancée alors dans la construction d'une Ville Nouvelle sur le plateau de Ain El Bey.

Cette option a été prise dans le cadre de l'étude du Plan Directeur d'Urbanisme du Grand Constantine. L'option ville nouvelle a été conçue dans un but tout à fait précis : celui **de rééquilibrer** la croissance urbaine au sein de ce groupement en limitant la taille des agglomérations du groupement de Constantine de sorte à éviter la fusion entre la métropole, et ses satellites.

De part sa taille (200.000 à 300000 habitants), la ville nouvelle en construction vise non seulement à assurer le report de croissance de Constantine, mais aussi et surtout, à épargner les terres à haut rendement agricole d'être urbanisées.

La ville nouvelle de Ain El Bey correspondait donc à une vision volontariste de résorber le déficit en logement, d'améliorer les conditions de vie des citoyens, d'éliminer de façon progressive toutes les habitations précaires installées sur des sites à haut risque, et au désir de répondre selon une nouvelle option, aux bouleversements que subit Constantine, et ses satellites.

III-5-1- Cadre physique de la ville nouvelle

La ville nouvelle de Ain El Bey est organisée en auréoles concentriques, depuis le centre voué principalement aux services jusqu'aux périphéries occupées entièrement par l'habitat. La ville se divise en cinq quartiers, ceux-ci en 20 unités de voisinage de taille relativement grande de 15000 habitants en moyenne.

Le site retenu est conforme aux prescriptions du PUD dont les études ont été achevées fin 1982, et approuvées par arrêté interministériel n° 16 du 18 Janvier 1988⁹⁰. Ce site, sans grande valeur agricole, appartient aux deux communes, El Khroub, et Ain Smara. Trois communes gèrent cet ensemble qui couvre une superficie assez vaste de 1500 Hectares, appelé ville nouvelle Ali Mendjeli.

Porté à une altitude moyenne de 800 m, et disposant d'une topographie variée, à faible pente, et sans contraintes majeures, le cadre physique de la ville nouvelle se prête facilement à l'urbanisation. Relié par des routes préexistantes qui assuraient des liaisons avec Constantine au nord, el Khroub à l'est, et Ain S'mara à l'ouest, le site de la ville nouvelle apporte une réponse audacieuse au problème de congestionnement de la ville de Constantine qui étouffe sous l'effet de l'étalement, et de la saturation du réseau routier qui ne peut contenir le flux des véhicules qui traversent la ville.

Disposant d'un sol de très bonne constructibilité; ce site situé à proximité du grand aéroport international, jouit d'une position remarquable, à la croisée des chemins entre Constantine, El Khroub, et Ain S'mara.

La ville nouvelle, par le choix de son site, et de sa taille impressionnante, est l'unique alternative pour faire face au déferlement urbain, et d'éviter l'éparpillement des constructions sur des sites multiples. Le projet de Ville Nouvelle dans les travaux ont

⁹⁰ Il est à noter que le conseil des ministres dans sa séance du 22 Mai 1983 avait décidé la continuation des études d'urbanisme et d'aménagement sur le site de la ville nouvelle d'Ain El Bey.

démarré en 1993, s'inscrit dans le cadre des prescriptions du plan d'urbanisme directeur du groupement de Constantine, qui prévoit par ailleurs la récupération des sites de vallées occupées par des habitations précaires.

Photo n°60 : **La ville nouvelle**



Source : Google Earth

Photo n°61 : **Les immeubles hauts de la ville nouvelle en Construction.**



Source : Auteur 2006

III-6- DEGRADATION DES CONSTRUCTIONS DANS LA VILLE DE CONSTANTINE : NUISANCES ET POLLUTION

Dans la ville de Constantine, beaucoup de désordres, et de défauts dans les constructions sont apparus suite aux effets du temps, du climat, et du laisser aller. A l'échelle de la ville, les délabrements, et les destructions des habitations s'amplifient, et ne cessent de prendre des dimensions inquiétantes, particulièrement dans les zones les plus sensibles aux glissements.

Accélééré par le phénomène de l'urbanisation anarchique, la dégradation des constructions dans la ville de Constantine agit de façon néfaste sur l'environnement, transforme de nombreuses constructions en ruines et taudis, ou les fait disparaître à jamais du paysage urbain. La dégradation des constructions à Constantine expose les habitants de ces maisons, et immeubles aux murs fissurés, et aux fondations entassées, à des risques qui menacent leur vie. Depuis au moins deux décennies, le phénomène de la dégradation s'est beaucoup aggravé pour causes d'absence d'entretien, de laisser aller, de carence en assainissement, mais aussi pour d'autres facteurs, qui ont accéléré le délabrement, et l'effondrement de nombreuses maisons, routes et ouvrages de génie civil.

III-6-1- Un patrimoine qui se dégrade sous l'effet du climat et du laisser aller

Dans la ville de Constantine beaucoup de quartiers ont connu la dégradation des constructions qui s'est amplifiée, puis intensifiée depuis le milieu des années 1970, pour causes :

- **du problème des écoulements des eaux** (carences dans les réseaux d'assainissement, fuite dans les réseaux d'eaux potable, infiltration des eaux de ruissellement dans les zones et poches non urbanisées et non aménagées),
- **d'agression de l'environnement** (terrassements et déboisement des parties inclinées des collines ou de relief accidenté provoquant tassement des constructions et fissurations des murs),
- **de non respect des instruments d'urbanisme.**

Parmi les entités urbaines les plus concernées par ce phénomène de la dégradation des constructions où, les glissements de terrain comptent parmi les causes principales, l'on peut citer le cas de: Benchergui, Cité Poudrière, Chalet des pins, Boudraa Salah, Terrain Kaidi Abdallah, Challet Sotraco, Avenue Kitouni Abdelmalek, Belouazdad, Rue des Maquisards, Bestandji, Bellevue.

Dans ces entités urbaines exposées à des risques, plusieurs familles ont été contraintes après recensement par la wilaya, d'être relogées dans de nouveaux appartements, qui leur ont été attribués dans le cadre de l'opération de la résorption des maisons insalubres.

Photo n° 62: **Dégradation et glissement des constructions à Saint Jean**



Source : Auteur 2007

Dans le quartier Saint Jean, beaucoup de maisons ont été rasées, pour éliminer les risques d'un effondrement imminent. Les fissures dans les murs étaient béantes, et les fondations fragilisées par les eaux usées qui s'infiltrèrent jusqu'au plus bas niveau des constructions. C'est de cette manière que partout ailleurs, se sont fragilisées les fondations qui ne peuvent plus assurer la stabilité des habitations. (photo n° 62)

L'instabilité des terrains, et les écoulements des eaux endommagent les routes, et les constructions. Les visites sur sites nous ont permis de recenser plusieurs routes effondrées, et plusieurs murs de soutènement endommagés. (Photo N° 63, 64, 65, et 66)

Photo n° 63 : **Mur de soutènement déraciné sous l'effet de la poussée des terres**



Source : Auteur 2006

Photo n°64 : **Effondrement et déplacement d'une chaussée endommagée par le ruissellement des eaux**



Source : Auteur 2006

Photo n° 65 : **Mur de soutènement effondré en période hivernale**



Source : Auteur 2006

Photo n°66 : **Dégradation et inclinaison d'un mur de soutènement**



Source : Auteur 2006

L'aménagement de nombreux sites pentus, sous forme d'entités urbaines éparpillées, sur tout le périmètre urbain de la ville de Constantine, a par ailleurs contribué à aggraver la dégradation des constructions accrochées sur ces terrains non constructibles exposés au phénomène d'érosion, d'inondation, et de glissement.

Les constructions illicites de la cité El Manchar, présentent les mêmes caractéristiques que les constructions exposées aux risques d'effondrement, et de

tassement, que nous avons pu observer sur les sites de Benchergui, Zaouch, Belouzdad, Kitouni, ou celles des chalets de Sotraco.

Photo n°67 : **Instabilité et précarité des constructions de la cité el Manchar.**



Source : Auteur : 2007

Les eaux usées et de ruissellent endommagent les constructions : les murs sont lézardés, les planchers et les façades des maisons sont inclinées. Les routes sont fissurées, et les poteaux électriques sont désolidarisés. Deux tiers des constructions à Constantine sont implantées sur des sites instables. Précaires et dégradées, les constructions de la cité el Manchar sont appelées à être rasées.

III-6-2- Les glissements dans l'agglomération de Constantine : un impact sur l'environnement

La ville de Constantine connaît depuis plus de deux décennies de nombreux glissements de terrain qui se situent à l'intérieur du périmètre urbain, menaçant l'effondrement d'un grand nombre de constructions, de routes et de ponts. Les symptômes du phénomène de glissement sont souvent les nombreuses fissures, et les tassements des fondations, que nous avons pu observer dans les zones où les mouvements de terre sont les plus actifs.

Depuis 1972, les sites de Belouzdad- Kitouni- Kaïdi, ont été affectés par ce phénomène de glissement, et entre 1974 et 1977 la mosquée Emir Abdelkader située à Bellevue est soumise au même phénomène. En 1979, des désordres sont observés au niveau du pont de Sidi Rached touché par des glissements.

Depuis le début des années 1987, au moins cinq immeubles du CILOC ont connu des mouvements de terrain sur de grandes profondeurs, le cas du bâtiment B est nettement important. Depuis cette date, plusieurs organismes⁹¹ sont intervenus pour

⁹¹ On peut citer comme exemple les cas de: Université de Liège en Belgique, SAETI, LTPEst.

assurer la stabilité de nombreux édifices, dont la grande mosquée de l'Emir Abdelkader : un monument dans la ville.

A El-Ménia et à Boudraa Salah de nombreuses fissures sont apparues sur les murs de dizaines de maisons. Des canalisations sont endommagées, et de grandes pertes d'eau sont observées dans ces cités.

A Belouizdad et Kitouni un mouvement de terre a provoqué vers la fin de décembre 1993, la destruction d'une soixantaine de maisons dans la rue des maquisards, et la détérioration partielle de l'avenue Kitouni assurant la liaison du centre de Constantine avec la route nationale n°27 reliant Annaba à Alger.

A Benchergui, des maisons nouvellement construites au sommet des collines ont été complètement rasées suites aux glissements de terrain que connaît cette zone exposée.

A Boussof, les écoulements des eaux usées, et des eaux de ruissellement non canalisées provoquent des mouvements de terre, et une fragilisation du sol.

A Bardo les dégradations les plus spectaculaires ont affecté l'assiette de l'abattoir et les parties qui lui sont avoisinantes. La circulation anarchique des eaux compte parmi les principales causes de ces dégradations. A la cité Zaouch un effondrement s'est produit dans la zone I et la zone II.

Les causes de certains glissements font appel à des domaines structuraux purement géologiques, et par ailleurs à une évolution historique particulière de l'urbanisation, et de ses conséquences. La faible disponibilité des terres urbanisables, la transformation des terrains fortement accidentés en zones constructibles, et l'arasement des sommets des collines a perturbé l'équilibre naturel dans de nombreuses zones urbanisées.

Pour certains auteurs, les mouvements de terrains dans les zones urbaines de Constantine et de ses environs, dépendent du contexte topographique et lithologique. De nombreux glissements sont dus à la nature de la plate forme constituée essentiellement de roches et d'argile, supportant une très grande charge. Cette composition est facilement pénétrée par les eaux de ruissellement, et par les nombreuses fuites des canalisations d'eau potable et d'assainissement, qui provoquent en contact avec l'argile une totale dissolution des composantes.

Le rôle de l'eau est fondamental dans le déclenchement de ces mouvements, c'est l'une des principales causes avancée pour expliquer ce

phénomène qui engendre des désordres de terrains parfois profonds, et en aval des sous bassins de la ville.

Le poids démographique, et le facteur eau participent activement à la fragilisation du sol, et à son instabilité. Ils sont à l'origine des problèmes actuels de l'agglomération de Constantine. Ainsi, il apparaît que les glissements de terrains constituent un frein au développement spatial de Constantine, et une atteinte au paysage, et à l'environnement en raison de l'importance, et de l'ampleur des dégâts qu'ils peuvent engendrer. La prise en charge des glissements au coup par coup, explique l'absence d'une politique pour un traitement plus global du phénomène à long terme.

Parmi les entités urbaines les plus concernées par ce phénomène de la dégradation des constructions où, les glissements de terrain comptent parmi les causes principales ; l'on peut citer le cas de:

Bencherghi, Boudraa Salah, Avenue Kitouni Abdelmalek, Belouazdad, Bellevue, où plusieurs familles ont été contraintes après recensement par la wilaya, d'être relogées dans de nouveaux appartements, qui leur ont été attribués.

Dans la ville de Constantine plus de 120 hectares (15000 logements soit environ 100.000 habitants) sont exposés aux risques de glissement. (PDAU de Constantine, 1998) [23]

La situation est préoccupante, et mérite une attention toute particulière en raison de l'importance du phénomène, de son impact sur le cadre bâti, sur la population, et sur l'environnement. Notre travail de terrain que nous poursuivons depuis 1999, montre qu'il ne peut y avoir de solution, lorsque les constructions sont suffisamment fragilisées (photo n° 68), ou lorsqu'elles sont implantées sur des terrains impropres à l'urbanisation. (Photo n°69, 70, 71, 72, 73, et 74)

Photo n°68 : **Maison d'angle rasée, dans le quartier de Saint Jean**



Source : Auteur 2006

Sur la photo n°67, nous pouvons découvrir l'image d'un tissu colonial mal entretenu. La maison rasée à l'angle de l'ilot dégage une emprise au sol qui à été transformée en un terrain de jeu pour enfants. Lorsque l'emprise au sol est assez importante, ces terrains sont transformés en aire de parking.

Photo n° 69 : **Construction enfoncée dans un borbier**



Source : Auteur 2005

Photo n° 70 : **Construction dont les fondations se sont désolidarisées**



Source : Auteur 2005

Photo n° 71 : **Construction implantée dans un site non à urbaniser complètement enterrée**



Source : Auteur 2005

Photo n° 72 : **Maison et poteau inclinés sur une bordure de route**



Source : Auteur 2005

Photo n° 73 : **Construction endommagée**



Source : Auteur 2005

Photo n° 74 : **Talus consolidé par des plaques de béton complètement endommagé**



Source : Auteur 2005

L'ultime solution qui reste à faire lorsqu' une construction menace la vie des citoyens, c'est de reloger les habitants de ces maisons qui s'entassent ou qui glissent, et de raser les murs et les planchers. La dédensification des tissus anciens, vétuste et dégradé, exige les mêmes opérations. Au faubourg Saint Jean, beaucoup

de maisons et d'immeubles alignés sur les voies en pentes raides, ont complètement été rasés ou démolies en partie, pour cause de glissement. C'est toute une partie de l'héritage colonial qui est menacée aujourd'hui, par le phénomène de glissement, qui expose de nombreux quartiers de la ville au risque, de la démolition des constructions, et du relogement des populations.

III-6-3- Pollution esthétique et environnementale : une ampleur de quartiers informels tout autour de la ville

L'urbanisation anarchique est un facteur de pollution esthétique et environnementale. Le phénomène de l'exode rural a imposé sous forme de tâches d'huile, des regroupements de maisons non structurés de taille relativement moyenne, qui se multiplient dans la ville, et autour de celle-ci. La dégradation de

Photo n° 75 : Pollution visuel et environnemental à Benchergui



Source : Auteur 2005

l'environnement urbain à Constantine a pris des dimensions très inquiétantes. La silhouette, la morphologie, et la texture de ces groupements de "maisons" précaires, rappellent ceux des campagnes où les maisons sont accrochées au sommet, ou au piémont des collines, et montagnes. (photo n°75)

Ces entités urbaines délabrées, et précaires formant de gros quartiers informels qui s'imposent dans le paysage de cette grande ville, polluent et dégradent l'environnement. Aujourd'hui il est difficile de savoir, si des dispositions sont prises pour que ces "unités rurales" de la taille d'un village, soient rasées, avant qu'elles ne se transforment en ghetto, dont la taille serait égale à celle d'une petite ville, ou d'une ville moyenne, difficile à gérer ou à raser. La vétusté des maisons, et le manque d'entretien, aggravent la pollution esthétique dans tous ces quartiers insalubres qui se dégradent sous l'effet de l'absence d'entretien, et de l'hygiène environnementale.

C'est toutes ces entités infectes qui méritent d'être vider de leur population, et de disparaître du paysage urbain.

Sur ces sites difficiles, où nous avons installé dans l'urgence et la précipitation de nouvelles entités, qui présentent "le caractère rural" de ces maisons de campagne que nous construisons très mal en site urbain, la pollution visuelle s'est intensifiée. En milieu rural, les constructions des maisons sont mieux intégrées à leur site, et sont admirablement enviées par les visiteurs. Les photos n°76, et 77 montrent l'architecture de ces maisons rurales construites en pierre à Arris, wilaya de Batna, qui sont solides, harmonieuses, et bien adapté au site de montagne. En ville, cette architecture de montagne est inesthétique, et marginale

Photo n° 76 : **Maison rurale à Arris bien enracinée dans son site** Photo N° 77 : **Le site de montagne d'Arris.**



Source : Auteur 2008



Source : Auteur 2008

La reconversion en pole de verdure, de tous les terrains instables, occupés par des constructions insalubres, qui exposent les populations aux risques de crue, et de glissement, mérite d'être entreprise pour réduire les effets de la pollution visuelle, esthétique , et environnementale. Le reboisement de tous les terrains mal occupés, par certains plants (platanes, peupliers, eucalyptus, frênes, etc.), dont "*les racines des arbres, fixent les terres aussi bien que la maçonnerie, et dont l'enracinement et la croissance des plantes renforcent considérablement l'effet mécanique de consolidation* " (GEOGES NEURAY, 1982) [23], est la solution la mieux appropriée pour éliminer à jamais ces quartiers insalubres, envahis par des décharges sauvages qui brûlent à l'air libre.

La réintroduction de la nature dans la ville de Constantine, comme élément de purification de l'air, d'embellissement, et de continuité urbaine, doit être retenue comme une exigence écologique, afin de ne pas condamner les générations futures, de vivre dans un environnement malsain.

Conclusion

Les programmes de développement engagés dans la ville de Constantine, ont été un facteur d'attraction des ruraux qui s'entassent dans des habitations précaires. Cette tendance n'a pu être infléchie malgré la politique de création des villages agricoles censés atténuer le flux migratoire par la fixation de la population dans les villages.

A la périphérie des villes, on construit des ZHUN, et toutes sortes d'équipements nécessitant beaucoup d'espaces, que nous ne pouvons localiser facilement dans les vieux centres. A environ une dizaine de kilomètres des centres villes, on installe les grands complexes industriels qui polluent la nature et l'environnement. Toutes les implantations industrielles sont situées entre Constantine, et ses satellites.

Ce processus d'urbanisation a créé un décalage important entre la masse de population qui s'entasse dans la ville, et le nombre de logements que l'on a construit. Ce déficit énorme en logements que nous ne pouvons pas combler, a pris de cours les responsables et les techniciens, qui assistent à un développement anarchique de la ville de Constantine. Le résultat a été à la fois désordre, et anarchie, extension et dysfonctionnement, tassement et dégradation..., que ni les instruments d'urbanisme, ni les mesures d'aménagement n'ont pu contenir. C'est pour cela que la politique des grands ensembles s'est généralisée dans toute l'Algérie, et que l'urbanisation de zonage a été appliquée à l'échelle de toutes les villes algériennes dans le cadre de l'établissement des plans d'extension des villes⁹² à court, à moyen, et à long terme.

La ville de Constantine est confrontée aux problèmes de la dégradation des constructions exposées aux effets de glissement, au dysfonctionnement des quartiers en rupture, à l'ampleur alarmante d'unités d'habitations informelles éparpillés dans toute la ville, à l'extension par rajouts successifs de plusieurs unités d'habitation établies sous forme de Z.H.U.N (zones d'habitation urbaines nouvelles), éparpillées tout autour de la ville, à l'altération de l'environnement, et à la dégradation de la nature.

⁹² Le premier plan d'urbanisme directeur (P.U.D), réalisé en 1973 par la CADAT (Caisse d'Aménagement et de Développement du Territoire), pour une période de 25 ans, était dépassé bien avant les années 1980, et l'urbanisation s'est faite en dehors des limites proposées par ce plan.

CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE

L'urbanisation accélérée de la ville de Constantine a généré une prolifération d'habitations illicites, hideuses, hétéroclites, marginales, et mal intégrées à la structure de la ville, puis une expansion d'immeubles collectifs réalisés sous forme de grands ensembles qui ont intensifié la pollution et les nuisances, et amplifié la dégradation de l'environnement. La dégradation des milieux naturels a pris des dimensions inquiétantes.

L'urbanisation de centaines d'hectares grignotés à l'agriculture, apporte plus de pollution. Le secteur de l'industrie est fixé du doigt comme étant le secteur qui a le plus accéléré l'exode rural et aggravé le déficit en logements. L'équilibre entre l'homme et son environnement est bouleversé.

La politique des grands ensembles, comme processus de développement n'a en effet qu'intensifié la dégradation de l'environnement, et accéléré le processus de mutation des villages d'origine coloniale du Khroub, de Ain Smara, de Didouche Mourad, et du Hamma Bouziane. Constantine éclate dans son site, et n'arrive plus à arrêter sa croissance qui déborde au-delà des limites d'urbanisation.

Le report de la croissance de la métropole sur ses satellites n'a fait que transférer les problèmes du surplus de population, et ravagé en un temps relativement très court les meilleures terres agricoles, et pollué encore plus la nature, et l'environnement.

La construction d'une ville nouvelle en vue d'atténuer la croissance anarchique de Constantine, d'épargner les terres à haut rendement agricole d'être urbanisées, et de rééquilibrer la croissance urbaine au sein du groupement de Constantine, n'a pas en fait abouti. Bien au contraire, des effets inverses risquent de se produire dans les années à venir si on ne prend pas soin d'apporter des solutions aux problèmes de la dépendance vis-à-vis du centre, de la mobilité des personnes qui aggravent encore plus le congestionnement de Constantine, de l'embouteillage et de la saturation du réseau routier qui étouffe la ville.

Les sites des collines à Constantine, sont sujets à de nombreux glissements. Le ruissèlement des eaux, et la raideur des pentes, jouent un très grand rôle dans la mise en mouvement du sol. La ville de Constantine est confrontée aux problèmes de la dégradation des constructions exposées aux effets de glissement, au dysfonctionnement des quartiers en rupture, à l'ampleur alarmante d'unités d'habitations informelles éparpillés dans toute la ville, à l'extension par rajouts successifs de plusieurs unités d'habitation établies sous forme de Z.H.U.N

éparpillées tout autour de la ville, et enfin à l'altération de l'environnement, et à la dégradation de la nature.

La dégradation des milieux naturels, après la seconde moitié des années 1980, exigea alors une prise de conscience à l'échelle nationale. Des décisions furent prises pour raser les habitations précaires. De grandes opérations de viabilisation, de restructuration, de régularisation, et d'assainissement de ces entités illicites, sont en cours de réalisation pour améliorer les conditions d'habitabilité. Ces opérations s'inscrivent dans le cadre d'une amélioration du cadre de vie. La vieille ville, Benchergui, Sidi M'cid, Cité Emir Abdelkader, Boudraa Salah, 4ème Kilomètre, Boumerzoug, Sissaoui sont concernés en priorités.

De nombreux sites occupés par des bidonvilles, et par de l'habitat illicite en dur avaient été complètement rasés, afin que les habitations insalubres ne trouvent plus de place dans le nouveau paysage urbain de Constantine, qui se veut une capitale de l'Est algérien.

Occupant de plus en plus de terrain, éventrant de plus en plus de voies de circulation, et tronçons d'autoroute, résorbant depuis plus d'une décennie, les habitations précaires éparpillées dans toute la ville, construisant sur toute la périphérie de la ville, des milliers de logements sous forme de zones d'habitations collectives ou de Z.H.U.N, Constantine subit les effets de son développement anarchique, et de son poids démographique.

Parmi les problèmes qui ont attiré le plus notre attention dans cette ville, connue par son développement rapide et incontrôlé sur un site difficile, nous citerons le problème de l'assainissement, puis celui des décharges, qui intensifient la pollution et les nuisances environnementales. C'est l'objet de la troisième partie, qui traite de ces problèmes en tant que facteurs qui contribuent le plus, à la dégradation des écosystèmes, et qui portent atteinte à la santé des populations.

Référence

- [1] GIEDION. S, 1978 : "Espaces Temps et Architecture", Editions DENOEL GONTHIER, Paris, p23
- [2] BOUREHDA. A, 1998 : "Perspective de développement des espaces verts dans l'agglomération de Constantine". Thèse de magister Université de Constantine, p 2
- [4] BENIDIR. F, 2003 : CONSTANTINE : "Ville fragmentée, ville perturbée", VILLE EN PARALLELE n°36/37, p 289
- [5] COTE.M, 2006 : " Constantine – cité antique et ville nouvelle-" Médias Plus, p 12
- [6] LAROUC.M, 1984 : "*La ville de Constantine, étude de géographie urbaine*"
- [7] Monographie de la wilaya de Constantine, 1988
- [8] op cit
- [9] " Constantine – cité antique et ville nouvelle-" Médias Plus, p 14
- [10] idem p
- [11] ABEER. N, 2006 l'auteur est cité par Marc Cote dans CONSTANTINE-cité antique et ville nouvelle p 114
- [12] BENIDIR. F, 2003 : " CONSTANTINE : "Ville fragmentée, ville perturbée", VILLE EN PARALLELE n°36/37, p 306
- [13] BOUMAZA. Z, 2003 : " Annaba : Libéralisation du marché et dualité publique et privée", VILLE EN PARALLELE n°36/37, p
- [14] BURGEL.G, 2003 : " Convergences algériennes" VILLE EN PARALLELE n°36/37, p 13
- [15] PAGAND. B et SAHRAOUI. B, 1998 : " URBAMA n°14", Université François – Rabelais TOURS.P.109
- [16] ZAKAD. A, 1996
- [17] BOUHENNI. D, 1997 : "Les principales caractéristiques de l'évolution de l'architecture et de l'urbanisme en Algérie", revue Sciences et Technologie n° spécial Architecture et génie civil Université de Constantine p 38
- [18] HAFIANE. A, 1969 : »Les défis à l'urbanisme", Office des Publications Universitaire de Ben Aknoun, Alger, pp 38-39
- [19] A.N.A.T, 1996
- [20] op.cit.
- [21] COTE. M, 2006 : " Constantine – cité antique et ville nouvelle-" Médias Plus, p83
- [22] LEKEHAL. A, 2003 : "L'urbanisation en Algérie : Un essai de bilan statistique" VILLE EN PARALLELE n°36/37, p 85
- [23] GEORGES NEURAY, 1982 : " DES PAYSAGES Pour qui ? Pourquoi ? Comment ?" Presses Agronomiques de GEMBLOUX, p 293

TROISIÈME PARTIE

INTENSIFICATION DE LA POLLUTION ET DES NUISANCES A CONSTANTINE

TROISIÈME PARTIE

INTENSIFICATION DE LA POLLUTION ET DES NUISANCES A CONSTANTINE

INTRODUCTION

Parmi les problèmes les plus brûlants que connaît aujourd'hui, la ville de Constantine, l'on peut citer : le rejet de quantités considérables d'eaux usées dans la nature sans traitement préalable, le problème de collecte et de traitement des ordures ménagères, le problème de la saturation des routes par les camions et les voitures qui traversent la ville, l'inondation des routes et des constructions précaires en période de pluies averses, et enfin les difficultés de stationnement.

Tous ces problèmes intensifient la dégradation du cadre de vie, et accroissent la pollution, et les nuisances dans tous les quartiers.

La troisième partie de ce travail apporte un éclairage sur les problèmes de la pollution, et des nuisances environnementales dans la ville de Constantine.

C'est en s'appuyant sur les études qui traitent : de l'étalement de la ville de Constantine, des carences en assainissement, et des problèmes des décharges qui constituent l'une des principales sources de la dégradation de l'environnement, et de la détérioration de l'hygiène en milieu urbain, que nous essayons dans cette troisième partie de notre travail consacrée à notre objet d'étude "la pollution à Constantine", de montrer :

- comment la pollution s'est intensifiée dans la ville de Constantine qui s'est largement étalée le long des axes routiers,
- que les déchets urbains agressent les sites et les paysages, et constituent une des principales sources de pollution et de dégradation de l'environnement,
- que les carences en assainissement ont amplifié la dégradation du cadre de vie, et accéléré les risques de glissement, d'inondation et d'effondrement des routes et des constructions.

CHAPITRE I: L'IMPORTANCE DE L'ASSAINISSEMENT EN MILIEU URBAIN

Introduction

L'une des activités les plus anciennes de la civilisation humaine est l'hydraulique, science de l'écoulement des eaux, qui commande toutes les utilisations de l'eau. C'est à partir de l'Antiquité qu'on retrouve des traces d'ouvrages hydrauliques tels les canaux d'assainissement de la vallée du Nil et ce, 4000 avant J.C. Les grandes cités antiques ont souvent connu des systèmes d'assainissement voisins de ceux que nous connaissons actuellement, cependant, leur existence est liée à quelques sites privilégiés au sein des espaces urbanisés. "*On peut trouver des vestiges de systèmes d'assainissement dans de très nombreux foyers antiques de développement urbain*". (DUPUY.G, 1983) [1]

En Mésopotamie, les fouilles archéologiques ont mis en évidence des systèmes d'assainissement assez compliqués. A Babylone, on y retrouve les ruines des restes d'égouts. A Jérusalem, les Hébreux avaient conçu des conduites spéciales afin d'évacuer, et de traiter les eaux souillées par le sang des sacrifices dans le Temple de Salomon.

En Grèce, à Athènes le site du Palais de Knossos, en Crète, 2000 ans avant J.C., montre des canalisations qui font penser à un système d'assainissement sophistiqué, ressemblant aux systèmes contemporains.

Dans la Rome antique, les techniques liées à la maîtrise de l'eau, et à son utilisation sont parmi les plus remarquables de l'antiquité romaine. Les sanitaires y furent un lieu de rencontres, et les thermes ont joué un rôle social de premier plan.

Les premiers égouts romains couplaient les deux fonctions d'évacuation, et de stockage des eaux. Il semblerait que ce soit à Rome qu'on ait mis en place, pour la première fois, des urinoirs publics (les vespasiennes, du nom de l'Empereur Vespasien): l'urine collectée était vendue aux teinturiers pour renflouer les caisses impériales. (TRELAÛN.B, 1983) [2]

Formé de canalisations le long des rues sur lesquelles venaient se brancher les habitations, le réseau de drainage de Rome se déversait dans le Tibre. Conçu par Tarquin l'Ancien au 6^{ème} siècle avant J.C., le « *cloaca maxima* » devint le principal collecteur de Rome.

Lewis Muinford en donne une description: *"Il est significatif que l'œuvre la plus ancienne des urbanistes de Rome soit le cloaca maxima, le grand égout qui date du 6^{ème} siècle avant notre ère; les dimensions en sont si colossales que ses constructeurs semblaient déjà prévoir que l'agglomération de villages de cette époque deviendrait une métropole de plus d'un million d'habitants, à moins qu'ils aient voulu indiquer par là que, dans leur conception de l'existence, les processus d'évacuation prenaient une importance capitale. Quoi qu'il en soit, l'égout fût bâti en pierre solide et ses dimensions sont telles qu'on l'utilise encore de nos jours"* (MUINFORD.L, 1964) [3]

La chute de l'Empire romain en 476 après J. C., s'accompagne du déclin des cités dans la vie socio-économique, coïncide avec un abandon des pratiques antiques d'hygiène urbaine. A cette époque, *"les déchets liquides et solides sont jetés dans la rue et s'évacuent en plein air, par gravité à l'aide des eaux pluviales, quand il pleut"*. (DUPUY. G, 1983) [4]

L'assainissement permet d'assurer la collecte et l'évacuation des eaux usées par des réseaux d'égouts, enfin et le traitement des eaux usées par le biais d'une station d'épuration, avant leur rejet dans un milieu naturel.

Dans le travail de la troisième partie, ce qui nous intéresse, en priorité c'est l'assainissement des eaux usées, le traitement des eaux usées, la réutilisation des eaux usées, et enfin le problème des décharges.

I-1- QU'EST CE QUE L'ASSAINISSEMENT ?

L'assainissement est un ensemble de mesures et d'actions, qui visent à assurer l'évacuation rapide et sans stagnation, des eaux usées domestiques et industrielles qui sont susceptibles de donner naissance à des nuisances, ou des eaux pluviales susceptibles de submerger les lieux habités. L'assainissement a pour fonction de préserver la qualité de la vie sur les lieux où nous vivons.

Grâce à l'installation d'infrastructures qui assurent la collecte, le transport et le traitement des eaux usées, l'assainissement joue un rôle important dans la protection sanitaire des populations. Un assainissement des eaux usées efficace, comprend la collecte, le transport et l'épuration.

La loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 art. 84 définit le rôle de l'assainissement comme étant une action, qui vise à "assurer l'évacuation rapide et sans stagnation des eaux usées domestiques et industrielles, susceptibles de donner naissance à des

nuisances, et des eaux pluviales susceptibles de submerger les lieux habités et ce, dans les conditions compatibles avec les exigences de santé publique et d'environnement".

Le domaine de l'assainissement présente en général peu d'intérêt pour les urbanistes et les populations, qui considèrent ce réseau enterré comme domaine technique, et ce malgré son importance dans la vie quotidienne.

L'assainissement est fortement lié à la santé publique en raison des nombreuses maladies liées à un milieu malsain.

Le but des mesures d'assainissement est d'empêcher que l'environnement dans lequel nous vivons ne se transforme en égout, ou que les eaux usées et les eaux pluviales, n'entraînent des inondations, des érosions, ou des glissements de terrain. Le but de l'assainissement est aussi d'éviter la formation d'eaux stagnantes qui pourraient être à l'origine de miasmes divers ou de gîte de reproduction de moustiques, ou autres vecteurs d'infections transmissibles.

"L'assainissement des agglomérations a pour but d'assurer la collecte, le transit, au besoin la rétention de l'ensemble des eaux polluées, pluviales et usées, et de procéder aux traitements avant leur rejet dans le milieu naturel par des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement" (SATIN. M, et SELMI. B, 1999) [5]

I-1-1- But et objectif de l'assainissement des eaux usées

Un assainissement des eaux usées efficace contribue à la qualité de notre vie dans tous ses aspects. L'assainissement des eaux usées a pour objectif de collecter, puis d'épurer les eaux usées avant de les rejeter dans le milieu naturel, afin de les débarrasser de la pollution dont elles sont chargées, en minimisant les risques pour la santé, et pour l'environnement.

Le système d'assainissement est composé de trois éléments : la collecte, le transport et l'épuration.

La collecte : La collecte est la phase amont de l'assainissement,

Le transport: Après avoir été consommée, l'eau est rejetée dans le réseau d'assainissement. Les canalisations ou émissaires conçu pour éliminer le plus rapidement et le plus loin possible les eaux usées, assurent le transport des effluents, et une partie des eaux pluviales jusqu'à la station d'épuration.

L'épuration: La station d'épuration est équipée pour traiter les eaux usées contenant une concentration de pollution organique et minérale. La station comprend l'usine de retraitement, et des champs d'épandage.

L'assainissement des eaux usées consiste donc à :

- **Collecter** les eaux usées au moyen d'un réseau de canalisations et d'ouvrages associés.

La collecte s'effectue par l'évacuation des eaux usées domestiques, et éventuellement industrielles ou pluviales dans les canalisations d'un réseau d'assainissement appelé aussi collecteurs,

- **Évacuer** les eaux, une fois traitées, sans danger pour le milieu récepteur. Les eaux, une fois traitées, sont évacuées sans danger pour le milieu récepteur. Après avoir été consommée, l'eau est rejetée dans le réseau d'assainissement. Les canalisations ou émissaires conçu pour éliminer le plus rapidement et le plus loin possible les eaux usées, assurent le transport des effluents, et une partie des eaux pluviales jusqu'à la station d'épuration.

Le transport des eaux usées dans les collecteurs se fait en général par gravité, c'est-à-dire sous l'effet de leur poids. Il peut parfois s'effectuer par refoulement, ou sous pression. Lorsque la configuration du terrain ne permet pas un écoulement satisfaisant des eaux collectées, on a recours à différents procédés (pompage et stations de relèvement) pour faciliter leur acheminement.

- **Traiter** les eaux usées dans le respect des exigences de santé publique et de l'environnement.

La station d'épuration est équipée pour traiter les eaux usées contenant une concentration de pollution organique, et minérale. Nous faisons remarquer que même après traitement, une proportion non négligeable de bactéries fécales n'est pas éliminée, compte tenu du fait que les installations de traitement relativement perfectionnées à trois étapes n'éliminent que 90% des bactéries.

- **Gérer** le devenir des sous-produits de l'épuration des eaux usées que sont les boues.

I-1-2- Ce que contiennent les eaux usées

Les eaux acheminées dans un réseau d'assainissement sont des eaux résiduelles qui ont d'une manière ou d'une autre, subi des souillures et devenues des eaux nuisibles, qu'il convient de débarrasser des agglomérations au fur et à

mesure de leur production. Les impuretés contenues dans les eaux usées comprennent des matières minérales, et des matières organiques⁹³, des huiles et des graisses, et enfin des matières dissoutes dans l'eau. Les eaux usées contiennent aussi des contaminants microbiologiques, bactéries, virus pathogènes et parasites. "*La proximité avec les eaux usées peut engendrer des maladies à transmission fécale-orale (diarrhée, typhoïde, hépatites, choléra)*". (FARUQUI. N, et al, 2005) [6]

Les eaux usées domestiques sont essentiellement porteuses de pollution organique. Les eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques, etc. Les eaux "vannes", ou rejets des toilettes, sont chargées de diverses matières organiques azotées, et de germes fécaux. La pollution journalière produite par une personne utilisant de 150 à 200 litres d'eau est évaluée à : 70 à 90 grammes de matières en suspension, 60 à 70 grammes de matières organiques, 15 à 17 grammes de matières azotée, 4 grammes de phosphore et plusieurs milliards de germes pour 100 ml.

Les eaux industrielles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures. Certaines d'entre elles doivent faire l'objet d'un prétraitement de la part des industriels, avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte.

Les eaux industrielles sont mêlées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte, et ne perturbent pas le fonctionnement des usines de dépollution.

Les eaux de pluie qui ruissellent dans les rues où se sont accumulées des poussières, des débris et des hydrocarbures rejetés par les véhicules, et celles qui ruissellent sur les toitures où se sont déposées des poussières urbaines et des suies

⁹³ Les matières **organiques** proviennent des déchets domestiques (ordures ménagères, excréments), agricoles (lisiers) ou industriels (papeterie, tanneries, abattoirs, laiteries, huileries, sucreries...). Une ville de 100 000 habitants par exemple déverse environ 18 tonnes de matière organique par jour dans ses égouts. (DUPUY.G, 1983) [7]

de combustion et d'incinération des ordures ménagères, dégradent la qualité de l'eau des oueds ou rivières, et apportent plus de pollution dans les stations d'épuration.

Les eaux pluviales peuvent, constituer la cause de pollutions importantes des cours d'eau, notamment pendant les périodes orageuses. Si l'agglomération est équipée d'un réseau d'assainissement unitaire, qui collecte à la fois eaux usées domestiques, et les eaux de pluie avec leur charge polluante drainées jusque dans les égouts, il en résulte en cas d'orage, une pollution brève mais intense qui provoque une désoxygénation des eaux pouvant conduire à une mortalité massive des poissons.

Ainsi, lorsque le système d'assainissement est dit "unitaire", et en cas de fortes précipitations, les contraintes de préservation des installations d'épuration peuvent imposer un déversement dans le milieu naturel (oued ou rivière), de ces eaux usées domestiques, mêlées aux eaux de pluie chargées d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles), et des eaux de ruissellement des toits et des chaussées des villes salies, par les huiles de vidange, les carburants, les résidus de pneus et les métaux lourds, etc.

Dans les zones urbaines, les surfaces construites rendent les sols imperméables et ajoutent le risque d'inondation à celui de la pollution.

I-1-3- Les eaux usées : un danger sanitaire

En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques, et du danger sanitaire qu'elles représentent, les substances contenues dans les eaux usées peuvent être classées en quatre groupes :

- les micro-organismes,
- les éléments traces minéraux ou organiques,
- les matières en suspension,
- les substances nutritives.

I-1-3-1 Les micro-organismes

Les micro-organismes proviennent dans leur immense majorité des matières fécales. Les microorganismes pathogènes ont des effets divers sur la santé. Ils sont la cause d'infections bénignes (gastro-entérite par exemple), et de maladies mortelles comme le choléra. Les micro-organismes constituent le principal danger sanitaire pour la réutilisation des eaux usées épurées. Les micro-organismes

comprennent, par ordre croissant de taille : Les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes.

I-1-3-1-1 Les virus

Les virus sont des organismes infectieux de très petite taille (10 à 350 µm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. Les virus ne sont pas naturellement présents dans l'intestin, contrairement aux bactéries. Ils sont présents soit intentionnellement (après une vaccination contre la poliomyélite, par exemple), soit chez un individu infecté accidentellement. L'infection se produit par l'ingestion dans la majorité des cas, sauf pour le Corona virus où elle peut aussi avoir lieu par inhalation. La plupart des virus recensés que l'on peut trouver dans les eaux usées, sont : Virus de l'hépatite A, Virus de l'hépatite E, Rotavirus responsable des vomissements, Virus de Norwalk responsable des vomissements et diarrhée, Adénovirus responsable des maladie respiratoire, Astrovirus responsable des vomissements, diarrhée, ingestion, conjonctivite, Calicivirus responsable des vomissements, diarrhée, ingestion, Coronavirus vomissement, Réovirus responsable des affections respiratoires bénigne et diarrhée, Entérovirus responsable des paralysies, méningites, fièvre, Echovirus Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, diarrhée, fièvre, Entérovirus Méningite, encéphalite, maladie respiratoire, conjonctivite, hémorragique aiguë, fièvre.⁹⁴

I-1-3-1-2- Les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10 µm⁹⁵. La quantité moyenne de bactéries dans les fèces est d'environ 10¹² bactéries/g.

La majorité des bactéries ne sont pas pathogènes. Cependant, chez un hôte infecté, le nombre de bactéries pathogènes peut être très important. Les bactéries entériques sont adaptées aux conditions de vie dans l'intestin, c'est-à-dire en présence d'une grande quantité de matière carbonée et de nutriments, à une température relativement élevée (37°C). Le temps de survie des bactéries dans le milieu extérieur, où les conditions sont totalement différentes, est limité. Par ailleurs, les

⁹⁵ 1 µm, micromètre = 10⁻⁶ mètre, soit un millionième de mètre

bactéries pathogènes vont se trouver en compétition avec les bactéries indigènes, ce qui limitera leur développement.

Les eaux usées contiennent en moyenne 107 à 108 bactéries/l. La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de 104/l. Le nombre de germes peut être multiplié par 1 000 dans les eaux de rivières après un rejet urbain. A Paris, le nombre de coliformes fécaux peut aller jusqu'à 106 par millilitre⁹⁶, après la zone de rejet de la station d'épuration d'Achères, qui collecte les eaux usées de la ville. (MIQUEL.G, 2003) [8]

Les bactéries pathogènes d'origine hydrique sont responsables de la mort de 3 à 10 millions de personnes par an dans le monde.

Une inondation au Canada qui avait fait déborder les égouts et souillé le réservoir d'eau potable d'une ville, diffusant alors des bactéries de contamination fécale, a provoqué 400 intoxications dont 5 cas mortels. Une autre situation à risque est liée aux remises en service de canalisations, après un arrêt de plusieurs semaines. Les eaux stagnantes constituent un milieu favorable au développement de films bactériens propices aux contaminations. Le cas s'est produit lors d'une contamination bactérienne des eaux distribuées à Strasbourg, en 2000.

I-1-3-2- Les éléments traces

Les éléments traces dont les effets sanitaires à long terme sont moins connus. Les trois voies de contamination que l'on retrouve classiquement sont :

- la contamination par ingestion : c'est la plus commune.
- l'ingestion directe, lorsqu'il y a consommation d'eau.
- l'ingestion indirecte, par exemple quand les eaux épurées sont utilisées pour irriguer des cultures dont les produits sont ensuite consommés ;
- la contamination par inhalation est moins importante. Elle se produit lors de la formation d'aérosols, dans le cas de l'irrigation par aspersion ou de l'utilisation d'un karcher,
- la contamination par voie cutanée peut entraîner par simple contact une contamination, grâce à des microcoupures sur la peau.

⁹⁶ En Californie, la norme imposée était en 1993 de 2,2 coliformes par 100 millilitres. En Arabie Saoudite, les normes les plus strictes sont de 2,2 coliformes totaux et 50 coliformes thermotolérants par 100 millilitres d'échantillon. Les normes italiennes prévoient en moyennes 20 coliformes pour 100ml

I-1-3-3- Les matières en suspension (MES)

Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface, et sont ainsi transportés par les MES. Les MES donnent également à l'eau une apparence trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures. Les micro-polluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micro-polluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire, et une concentration de ces polluants dans les organismes. La crispation actuelle de l'opinion publique à leur sujet, et le manque de connaissances sur leurs effets à long terme incite à analyser avec soin la nature et la présence de ces micro-polluants dans les eaux usées.

I-1-3-3-1- Les métaux lourds

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux. Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple. Ils proviennent des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de distribution d'eau et d'assainissement, des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile), et éventuellement de rejets industriels. (BERDOULET.V, et al, 2002)[9] Les éléments cités dans la littérature comme étant les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni).

I-1-3-3-2- Les germes pathogènes contenus dans les boues

Les boues apportent au sol des éléments fertilisants (phosphore P et azote N), éventuellement des amendements calciques (boues chaulées) et organiques (les boues contiennent en moyenne 50% de matière organiques), mais également des éléments indésirables (micropolluants métalliques et organiques, et des germes

pathogènes). La teneur en éléments indésirables dépend, de la nature et de l'importance du réseau, du système d'épuration et du traitement des boues.

Les germes pathogènes des boues appartiennent à 5 grands types: virus, bactéries, protozoaires, champignons et helminthes (vers parasites).

Le nombre de pathogènes présents dans les eaux usées arrivants dans le réseau d'assainissement va dépendre de l'état sanitaire de la population qui est raccordée, de la présence d'abattoir ou de toute autre industrie traitant des produits animaux.

Le traitement des boues à un rôle important pour l'élimination des pathogènes. Ainsi les boues traitées thermiquement ou chaulées sont dites hygiénisées.

Les boues ne sont pas la seule source de pathogènes dans les sols. Il y a des pathogènes présents naturellement et des pathogènes amenés par les déjections des animaux sauvages ou d'élevage.

Les travaux ont montrés que les pathogènes ne pénètrent pas dans les végétaux et que leurs populations décroissent dans le temps. (ELLISALD N. 1994) [10]

I-2- COMMENT SONT CLASSEES LES EAUX USEES?

Les eaux usées ou eaux nuisibles, sont classées d'après leurs usages. Ces eaux comprennent : les rejets domestiques, les rejets industriels, et les eaux de ruissellement.

I-2-1-Les rejets domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation de l'eau potable dans la majorité des cas par les particuliers, pour satisfaire tous les usages ménagers. Lorsque les habitations sont en zone d'assainissement collectif, les eaux domestiques se retrouvent dans les égouts. On distingue généralement deux "types" d'eaux usées domestiques qui arrivent toutes deux dans le réseau d'assainissement. Ces deux catégories d'eaux usées d'origine domestique sont définies comme suit:

- les eaux vannes, qui correspondent aux eaux de toilettes: urines et matières fécales qui renferment des matières fermentescibles en proportion telle qu'elles doivent être évacuées sans délai, et rejetées dans le milieu naturel, après une épuration plus ou moins poussée,
- les eaux grises qui correspondent à tous les autres usages : lave-linge, lave-vaisselle, douche et bain, cuisine, etc.

La composition des eaux usées d'origine domestique peut être extrêmement variable, et dépend de trois facteurs :

- la composition originelle de l'eau potable, qui elle-même dépend de la composition de l'eau utilisée pour produire l'eau potable,
- de la qualité du traitement de cette eau, des normes sanitaires du pays concerné, de la nature des canalisations, etc.
- les diverses utilisations par les particuliers qui peuvent apporter un nombre quasi infini de polluants : tous les produits d'entretien, lessives mais aussi, solvants, peintures, mercure de thermomètre, colle, etc.

Les eaux usées domestiques constituent l'essentiel des eaux usées urbaines.

I-2-2- Les rejets industriels

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc.

Les eaux résiduaires industrielles sont extrêmement variées du fait des industries diverses. Elles sont souvent toxiques pour la faune et la flore, et même pour l'homme. Ces eaux peuvent être à caractère minéral dominant (ex : traitement des minerais), ou à caractère organique (ex : abattoirs, industries alimentaires, conserveries, etc.).

Les effluents industriels peuvent fortement modifier la composition des eaux usées. Cette modification est très étroitement liée à l'activité industrielle concernée, et peut prendre des formes innombrables. Les rejets industriels peuvent suivre trois voies d'assainissement :

- soient, ils sont directement rejetés dans le réseau domestique ;
- soient, ils sont prétraités puis rejetés dans le réseau domestique ;
- soient, ils sont entièrement traités sur place et rejetés dans le milieu naturel

Les effluents industriels, dont la composition diffère considérablement de celle des eaux domestiques peuvent compromettre les projets de réutilisation agricole s'ils sont admis dans les réseaux d'égout.

I-2-3- Les eaux de ruissellement

Les eaux de ruissellement proviennent en général en zone urbaine, des eaux pluviales qui ruissellent sur les surfaces imperméabilisées, et des eaux de lavage des voies publiques. Ces eaux, sont collectées par un réseau ou évacué directement dans un réceptacle naturel. En milieu urbain, le drainage des eaux de ruissellement est fait en surface par des caniveaux se vidant régulièrement dans le réseau d'égout souterrain, qui peut-être le même que celui qui collecte les eaux usées, ou non.

Les eaux de ruissellement entraînent toute sorte de déchets minéraux et organiques provenant des jardins, des détergents utilisés pour le lavage des cours et des voies publiques, des débris microscopiques de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules, du plomb contenu dans l'essence, de retombées divers de l'atmosphère (cheminées d'usines, foyers domestiques, etc.).

Les eaux de ruissellement qui proviennent en majorité des eaux de pluie, s'écoulent en surface, et posent problème dans les zones urbaines où le sol est rendu imperméable par la construction de routes et de bâtiments. Ces eaux peuvent entraîner, lors des fortes pluies, des inondations, des éboulements et une détérioration des routes, et des bâtiments. Les eaux stagnantes peuvent former des lieux de reproduction des moustiques.

Les eaux de ruissellement contiennent toutes sortes de bactéries, moisissures et champignons surtout au début des pluies⁹⁷. A ce titre, il convient de noter que l'évacuation rapide des eaux de ruissellement s'impose en raison des dangers de submersion, et de pollution dont elles peuvent être la cause au sein des zones urbanisées. *"Les eaux pluviales ne sont pas propres, il arrive même qu'elles soient, par moment, plus polluées que les eaux usées domestiques"* (SATIN.M, et SELMI. B, 1999) [11]

⁹⁷ Les gouttes de pluies qui traversent l'atmosphère chargée de poussières et de produits divers (oxydes de carbone, d'azote et de soufre) se transforment dans l'atmosphère en acide sulfurique ou nitrique, et avant d'atteindre le sol, elles dissolvent les gaz polluants, et entraînent sur leurs parcours certains composés solides polluants établis dans l'air sous forme de poussières.

I-3- IMPORTANCE DES INFRASTRUCTURES D'ASSAINISSEMENT EN MILIEU URBAIN

Les infrastructures d'assainissement occupent une place particulière dans le développement des villes en raison de la multiplicité, et de l'importance des fonctions qui leur sont assignées. Le rôle principal des infrastructures d'assainissement est la collecte puis l'évacuation des eaux usées domestiques, industrielles ou pluviales, ainsi que leur traitement dans l'optique de la protection environnementale des milieux récepteurs.

Par le rôle qu'ils accomplissent, et par la fonction de préservation, et d'amélioration du cadre de vie qu'ils remplissent, les réseaux d'assainissement doivent assurer les meilleures conditions d'hygiène dans les villes pour y maintenir un état sanitaire acceptable. Ils doivent assurer la fonction de collecte, et de transport des eaux vers une station d'épuration.

Les infrastructures doivent permettre la préservation, et l'amélioration du cadre de vie, et également offrir aux populations un niveau optimal de protection contre les inondations qui envahissent les terres et les routes, et qui submergent des entités urbaines. L'exemple de la catastrophe de Bab El Oued en l'an 2000 qui a ravagé de nombreux immeubles, et occasionnée la mort de plusieurs dizaines de personnes emportées par les coulées de boues est assez significatif de l'importance des infrastructures d'assainissement.

I-4- SYSTEMES D'ÉVACUATION DES EAUX USÉES, ET DES EAUX PLUVIALES

Pour assurer leurs fonctions, les différents systèmes d'assainissement des organisations urbaines doivent faire appel à des équipements de drainage (collecteurs d'assainissement, regards, déversoirs d'orage, etc.) qui assurent la collecte et l'évacuation des eaux usées, et pluviales, et aussi aux infrastructures d'épuration qui doivent traiter les effluents, qui leur parviennent par le réseau. Ce sont généralement des stations d'épuration.

L'établissement d'un réseau d'assainissement doit répondre à deux préoccupations:

- Assurer une évacuation des eaux pluviales de manière à empêcher la submersion des zones urbanisées, et éviter la stagnation dans les points bas après les averses.

- Assurer l'élimination des eaux usées ménagères et des eaux vannes, qui renferment des matières fermentescibles, et le cas échéant des eaux résiduaires industrielles toxiques.

Dans les systèmes fondamentaux on peut distinguer trois formes de réseaux pour l'assainissement : le réseau unitaire, le réseau séparatif, et le réseau mixte

I-4-1- Le système unitaire

En réseau unitaire, eaux pluviales et eaux usées étant regroupées, un seul collecteur assure le transport. C'est le système du "Tout à l'Égout". Le système unitaire cumule les avantages de l'économie (un seul réseau à construire et à gérer), et de la simplicité du branchement des eaux usées ou pluviales où toute erreur est exclue. Dans le système unitaire, il y a toujours nécessité de tenir compte des brutales variations de débit des eaux pluviales dans la conception, et le dimensionnement des collecteurs, et des ouvrages de traitement.

L'évacuation des eaux usées et pluviales, assurée par un réseau unique, est généralement pourvu de déversoirs répartis sur le réseau, permettant d'éviter en cas d'orage, la saturation du réseau ou un débit supérieur à la capacité de la station d'épuration.

Les déversoirs d'orage sont une sécurité pour le réseau, leur fonction est d'assurer à toutes les phases, de la collecte à l'épuration, le rejet d'une partie des eaux par surverse directement dans le milieu naturel. Les eaux ainsi évacuées ne sont pas traitées. La pollution est en revanche fortement diluée. Le réseau unitaire est souvent installé dans les anciens quartiers. Le passage du réseau unitaire au réseau séparatif est difficile, pénible et onéreux.

En réseau unitaire, le principal problème se pose lors de fortes chutes de pluie où il est difficile d'éviter que ce mélange, très nocif, ne se répande dans le milieu naturel, du fait de la "saturation" du système d'assainissement.

Pour limiter les déversements dans le milieu naturel, des "bassins d'orage" sont aménagés pour stocker une partie des eaux durant les précipitations. On peut ensuite, par temps sec, progressivement déstocker ces eaux et les acheminer vers la station d'épuration pour les traiter. En Algérie, la création de bassins d'orage n'est pas une pratique qui est mise en application, et en cas d'orage, le déversement se fait directement dans le milieu naturel.

I-4-2- Le système séparatif

Il consiste à réserver un réseau pour l'évacuation des eaux usées domestiques (eaux vannes et eaux ménagères), et certains effluents industriels qui ne risquent pas de porter atteinte à l'homme et à l'environnement, et d'assurer par un autre réseau l'évacuation de toutes les eaux de ruissellement.

Ce système a l'avantage d'éviter le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut.

Le système séparatif permet de mieux maîtriser le flux et la concentration en pollution, et de mieux adapter la capacité des stations d'épuration. En principe, n'arrive à la station d'épuration que les eaux usées avec un débit relativement bien déterminé. Les réseaux séparatifs sont plus souvent envisagés dans le cas des constructions de nouvelles zones urbaines.

"Le système séparatif présente la solution la plus efficace pour lutter contre la pollution des rivières, l'effluent pluvial étant beaucoup moins pollué que l'effluent unitaire passant au dessus des seuils des déversoirs d'orage. Il faut être cependant certain que les conditions d'urbanisation se prêtent bien à une séparation effective des effluents". (COURAUD. R, 2002) [12]

I-4-3- Le système mixte

C'est un réseau constitué selon les zones d'habitation, en partie en système unitaire, et en partie en système séparatif. Le système unitaire et le système séparatif, sont adaptés à des situations différentes, et présentent tout deux, des inconvénients et des avantages. De manière très générale, les vieux réseaux sont souvent des réseaux unitaires.

II-4-4- Les systèmes spéciaux

C'est des systèmes dans lesquels on divise les eaux météoriques en deux parties: l'une provenant uniquement des surfaces de voiries qui s'écoulent dans des ouvrages particuliers tel que : caniveaux, aqueducs, fossés avec évacuations directes dans la nature, l'autre provenant des toitures, cours, jardins, qui se déversent dans le réseau d'assainissement, à l'aide des même branchements que ceux des eaux domestiques des immeubles.

L'usage des systèmes spéciaux n'est à envisager que dans les cas exceptionnels.

I-5- LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES

La raréfaction des ressources en eau et la dégradation de leur qualité, est un défi majeur pour le XXI^{ème} siècle. La consommation en eau toujours plus importante qu'exige le secteur de l'industrie et de l'agriculture, la qualité des eaux des oueds et des nappes phréatiques qui n'est pas toujours bonne, a conduit beaucoup de pays dans le monde au traitement des eaux usées, et à leur réutilisation afin de préserver la qualité des masses d'eau d'une part, et de diminuer les prélèvements dans le milieu naturel d'autre part.

La réutilisation des eaux usées propose de récupérer directement les eaux usées épurées, de les traiter éventuellement une nouvelle fois, et de s'en servir pour toutes sortes d'usages.

La pratique de la réutilisation des eaux usées pour l'irrigation peut remonter à plus de deux mille ans, soit depuis la Grèce antique. Cette réutilisation constitue un élément essentiel parce qu'elle conserve l'eau douce pour des utilisations à valeur plus élevée. Dans beaucoup de pays, la réutilisation des eaux usées traitées a permis de réduire les demandes urbaines, et industrielles sur les ressources en eau. Réutiliser les eaux usées d'une collectivité à des fins agricoles consiste en la récupération des eaux d'égout, après leur traitement dans une station d'épuration; puis en un stockage pour être ensuite utilisées dans l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts ou des terrains de sport.

Une installation de réutilisation des eaux usées comporte toujours un stockage et ce, pour deux raisons: Les deux rythmes, de production des eaux usées et d'irrigation ne s'accordent pas.

L'approvisionnement en eau d'un périmètre irrigué doit comporter une réserve de sécurité, afin de pallier à toute probabilité d'interruption. Une autre raison doit être énoncée : le stockage, qu'il soit effectué sous forme d'une recharge de nappe par bassins d'infiltration ou dans un réservoir non couvert, participe à l'amélioration de la qualité de l'eau. La réutilisation agricole met en œuvre des techniques d'irrigation courantes. Les agriculteurs se doivent de connaître les précautions à prendre lorsque des eaux polluées sont utilisées.

Dans le monde, la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation de coton, de luzerne, de maïs, d'orge, de betteraves à sucre, ou pour l'arrosage d'espaces verts urbains, est une pratique très répandue en Europe, en Amérique, et essentiellement dans les régions affectées par des pénuries de ressources en eau.

Outre l'arrosage de parcs, de parcours de golf, de jardins publics, d'irrigation d'espaces verts, la réutilisation aux fins d'agrément (création et alimentation des lacs artificiels à usages récréatifs par des eaux urbaines traitées), est pratiquée aux Etats-Unis depuis 1955. Aujourd'hui, cette pratique est largement répandue sur le pourtour sud de la Méditerranée.

La réutilisation des eaux usées agit à deux niveaux : elle évite d'abord les rejets d'eaux issues de stations d'épuration dans le milieu naturel, et elle constitue ensuite, un approvisionnement supplémentaire.

I-5-1 Réutilisation des eaux usées dans le monde : une pratique ancienne pour un usage agricole

Dans les pays où la rareté de l'eau limite la production agricole, les eaux vannes acquièrent une valeur économique considérable, c'est pourquoi celles des centres urbains sont de plus en plus utilisées dans l'agriculture. Sur le plan du recyclage, cette démarche est valable, et doit être encouragée.

La réutilisation des eaux usées à des fins agricole est d'ailleurs sans incidente sur la santé des populations, si les eaux collectées par le réseau d'égout subissent au préalable une épuration adéquate. Les eaux vannes riches en matières organiques peuvent constituer donc une véritable aubaine pour les agriculteurs. Les eaux usées recyclées utilisées dans l'agriculture ont un effet combiné de fertilisation et d'irrigation. La réutilisation des eaux usées urbaines est une pratique très ancienne qui s'est développée avec la mise en place des réseaux d'égouts, et l'adduction des eaux vers les zones de production agricole situées aux alentours des villes.

Nombres de régions du monde étant affectées par le manque de ressource en eau, la réutilisation des eaux devient une pratique courante, une obligation. On la retrouve très développée aux Etats-Unis, où 34 Etats disposent de réglementations, ou de recommandations souvent très exigeantes relatives à l'usage agricole des eaux usées.

Il faut citer aussi le Mexique et plusieurs pays d'Amérique du Sud, l'Australie, l'Afrique du Sud, le Japon, la Chine et les pays du Golfe Persique.

Le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie, c'est aussi l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée.

La réutilisation des eaux usées connaît un développement variable selon les pays en fonction de leurs ressources en eaux, et de leurs conditions socio-économiques. Certains pays pratiquent encore l'épandage d'eaux usées brutes alors que d'autres comme l'Arabie Saoudite, le Koweït, les Emirats Arabes unis ou l'état de Californie, traitent leurs eaux jusqu'à un degré très avancé.

Beaucoup d'autres pays du pourtour sud de la Méditerranée, réutilisent le plus souvent leurs eaux usées urbaines sans traitement. L'arrosage de cultures maraîchères n'y est pas exceptionnel. De nombreux pays en voie de développement tels que l'Algérie, le Maroc, l'Inde, l'Indonésie, réalisent encore trop souvent cette activité de manière sauvage.

En Tunisie, les eaux usées sont utilisées pour une irrigation restrictive, où toutes les cultures maraîchères sont interdites.

La réglementation de 1989 spécifie que l'utilisation des effluents secondaires traités est autorisée pour irriguer tous les types de cultures mis à part les légumes, qu'ils soient consommés cuits ou crus. Les eaux usées traitées sont donc utilisées pour irriguer les arbres fruitiers (citrons, olives, pêche, pommes, poires...), les vignobles, les fourrages (sorgho, luzerne), le coton, le tabac, les céréales, les terrains de golf (Tunis, Monastir, Hammanet, Sousse) et des jardins d'hôtel à Jerba et Zarzis.

Les eaux usées de Tunis sont utilisées depuis le début des années 60 pour l'irrigation à la Soukra de culture de citrons. Les eaux du sous-sol contaminées par des intrusions d'eau salée n'étaient plus de qualité suffisante pour l'irrigation de ces cultures, et depuis les années 80, une ambitieuse politique de réutilisation des eaux usées est mise en place.

La Tunisie est le premier pays de l'Ouest Méditerranéen à avoir adopté des réglementations en 1989 pour la réutilisation de l'eau. Ce sont le Ministère de l'Agriculture et l'autorité sanitaire (ONAS) qui ont en charge la recherche de moyens pour améliorer l'efficacité de la politique nationale de réutilisation de l'eau.

Des 6400 hectares répertoriés pour l'irrigation des eaux usées traitées en 1993, 68 % sont situés autour de Tunis. Les réalisations les plus importantes sont Cebela, La Soukra, Mornag, Nabeul, Sousse, Monastir, Sfax et Kairouan. (PUIL C, 1998) [13]

Le stockage de l'eau dans l'aquifère est extrêmement peu utilisé en Tunisie. Cette pratique est envisagée comme une perspective à long terme pour augmenter les ressources en eau.

L'**Espagne**, se dote progressivement, région par région, d'une réglementation et améliore la qualité des eaux réutilisées.

En **Arabie Saoudite**, les effluents de la ville de Taïf, traités par l'une des plus grandes stations au monde⁹⁸ sont utilisés pour l'arrosage des parcs, des jardins ou pour nettoyer les rues, les bus, les taxis.

En 1995, l'Arabie Saoudite réutilisait environ 15% de ses eaux usées traitées et ce pour irriguer les dattiers, et le fourrage notamment la luzerne. En outre, l'eau des ablutions aux deux mosquées sacrées, celle de la Mecque et de Médine est recyclée pour les chasses d'eau ce qui permet d'économiser l'eau de mer dessalée qui est coûteuse. (FARUQUI. N, et al, 2005) [14]

Au **Koweït** plus de 1700 hectares de luzernes, d'ail, d'oignons, d'aubergines, et de poivrons sont irrigués à l'aide d'eau usée traitée conformément aux directives de l'OMS.

En **Jordanie** en 1988, 70 millions de mètres cubes d'eau usée domestique traitée furent réutilisés à l'irrigation restrictive c'est-à-dire: arbres fruitiers, pâturage et culture fourragère.

En **Grande Bretagne**, cette technique qui était sur le point de disparaître dans les années 50, a retrouvé une part de son importance passée. Dans ce pays, la recharge de nappe par des eaux usées constitue une autre forme indirecte et très répandue de recyclage.

L'**Allemagne** est également concernée par l'irrigation avec des eaux usées urbaines. On y pratique l'irrigation de céréales, de betteraves, de pommes de terre ou de prairies.

En **Hongrie** près de 200 millions de mètres cubes d'eaux usées sont utilisées en 1991 pour l'irrigation de diverses cultures, de prairies, de rizières et de peupleraies.

En **France**, il n'existe pas de véritable pénurie d'eau. Sur les parties du territoire les moins arrosées, la pluviométrie moyenne annuelle ne descend guère au dessous de 600 millimètres, la réutilisation des eaux épurées est peu développée, en raison notamment de l'abondance des ressources en eau, et de la réalisation de grands

⁹⁸ La ville de Taïf en Arabie Saoudite, est équipée d'une station d'épuration traitant 70000 m³ d'eau par jour. C'est l'une des plus grandes stations au monde. La station est pourvue d'un traitement tertiaire comprenant des filtrations sur sable, une chloration en deux étapes ainsi qu'un passage sur des filtres à charbon actif agissant sur la couleur, l'odeur de l'effluent et adsorbant les molécules organo-chlorées. En matière d'irrigation, les normes les plus strictes sont de 2,2 coliformes totaux et 50 coliformes thermotolérants par 100 millilitres d'échantillon

équipements hydrauliques qui assurent la satisfaction des besoins en eau: (canal de Provence, canal du Bas-Rhône-Languedoc, barrages de Vinça et de Villeneuve de la Rao).

Depuis 1996, un projet pilote européen de grande ampleur a été mis en service près de Clermont-Ferrand. Ce projet concerne l'irrigation de 650 hectares de maïs, et de betteraves en Limagne Noire, par pompage d'une partie des eaux usées de la station d'épuration de l'agglomération clermontoise. Ce procédé offre un double avantage: il réduit l'impact des rejets de Clermont-Ferrand sur l'Allier, et utilise une ressource alternative à l'eau du fleuve.

En Australie, territoire vaste de 8 millions de km², 80% des précipitations touchent seulement un quart du continent. Depuis 1991, il y a eu un rapide développement des initiatives liées au recyclage de l'eau et notamment dans le cadre de la réutilisation des eaux usées urbaines. Ces initiatives ont permis de réduire les demandes urbaines et industrielles sur les ressources en eau. Dans ce continent, la réutilisation des eaux usées concerne l'irrigation des cultures, des prairies, des espaces verts ou l'usage industriel.

Dans les zones tempérées de l'Australie, la réutilisation concerne essentiellement l'irrigation des cultures telles que la canne à sucre alors que dans les zones arides, c'est l'irrigation des plantations d'arbres qui prédomine.

La ville de **Mexico** utilise les effluents traités par ses 16 stations d'épuration pour l'irrigation des parcs, des jardins publics et des équipements de loisirs.

En Israël, environ 20% des eaux usées sont infiltrées, et rechargent les nappes souterraines dans la région de Tel-Aviv. La méthode de recharge des eaux souterraines, développée et pratiquée avec succès dans le projet de la région de Dan, est apparentée à un traitement par infiltration dans le sol. En effet, cette infiltration permet une purification de l'eau, et conduit à un stockage saisonnier et pluriannuel.

Les principaux procédés de purification qui ont lieu dans le système d'infiltration sont : la filtration lente sur sable, l'adsorption, l'échange d'ions, la dégradation biologique, la précipitation chimique, la nitrification, la dénitrification et la désinfection. L'excellente qualité de l'eau traitée obtenue convient à de nombreux usages tels que l'irrigation agricole de produits consommés crus, les utilisations industrielles ou encore les utilisations municipales (alimentation des chasses d'eau, arrosage des pelouses).

I-5-2- Des eaux usées dans l'agriculture : une alternative à l'eau potable

La réutilisation des eaux usées traitées est une solution d'importance capitale surtout pour le secteur de l'agriculture qui continue à consommer des quantités importantes d'eau potable combien indispensable pour la consommation domestique.

Dans les grandes villes, qui rencontrent les difficultés d'approvisionnement en eau ces dernières années, le projet de la réutilisation des eaux usées épurées particulièrement utile au développement de l'agriculture est perçu comme une ressource alternative à l'eau potable, et comme une pratique importante à l'amélioration des conditions d'hygiène environnementale et sanitaire, en réduisant l'impact des rejets dans le milieu naturel.

Le problème de la réutilisation des eaux usées est à double facette: d'une part, beaucoup de composants des eaux usées sont sources d'inconvénients (micro-organismes pathogènes, métaux lourds, micropolluants organiques, etc.), d'autre part, certains constituants contribuent à la fertilisation des sols (matière organique, azote, phosphore, potassium), et certains éléments peuvent être retrouvés sur les deux plans, tel l'azote qui, étant un fertilisant indispensable trop concentré, contribue à la pollution des nappes phréatiques.

Les micro-organismes constituent le principal danger sanitaire pour la réutilisation des eaux usées épurées. Ainsi, tout projet de réutilisation nécessite une étude propre, tenant compte aussi bien de la qualité de l'eau utilisée que du contexte de la réutilisation.

Les eaux usées transportent un grand nombre de microorganismes pathogènes qui peuvent causer des maladies si des précautions ne sont pas prises. Le but du traitement préalable à l'irrigation est justement la réduction considérable, si ce n'est l'élimination totale des risques sanitaires. Il est donc plus que nécessaire d'épurer, et de traiter les eaux d'égout, de façon à être adaptées à la nature du milieu irrigué, et au mode d'irrigation.

I-5-3- La réutilisation des eaux usées dans les chasses d'eau

En Grèce, l'estimation de l'utilisation des eaux usées traitées pour l'alimentation des chasses d'eau dans la ville d'Athènes ne devrait pas voir, sa part progresser de 6,2% contre un pourcentage largement prédominant pour l'irrigation

des cultures de 71% et cela, en raison des coûts élevés pour la réalisation d'un réseau parallèle de distribution, et de la réticence des populations.

Au Japon, malgré une moyenne de précipitation annuelle haute (environ 1730 mm par an), la réutilisation des eaux usées est prédominante dans le cas des usages urbains tels que l'alimentation des chasses d'eau dans les immeubles, les usages industriels ou encore dans la restauration et l'augmentation des débits des cours d'eau urbains aménagés.

A Tokyo, la réutilisation est une pratique fortement encouragée. De nombreux immeubles sont équipés d'un second réseau de distribution pour l'alimentation des chasses d'eau. Les effluents épurés et traités notamment par filtration sur sable et chloration sont distribués jusqu'aux réservoirs de chaque immeuble concerné. L'inconvénient majeur d'une telle réutilisation est le coût financier pour élaborer un second réseau domestique de distribution et disposant de sécurités suffisantes pour éviter toutes interconnexions.

La loi japonaise impose la mise en place d'un réseau de recyclage de ces eaux grises pour toute nouvelle construction située en zone urbaine. A Tokyo, tout immeuble de plus de 30000 m² de surface de plancher ou susceptible de réutiliser plus de 100 m³ d'effluent traité par jour, doit être équipé d'un double réseau de distribution.

En Australie, des initiatives concernant l'utilisation d'eau usée pour alimenter les chasses d'eau ont débuté en 1996.

I-5-4- Réglementation et norme

La réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation par aspersion des cultures à consommation humaine, et arrosage de zones, où un contact corporel est possible avec la végétation (parcs, terrains de jeu, pelouses d'écoles...), exige des réglementations souvent très strictes. En Californie, la norme imposée était en 1993 de 2,2 coliformes totaux par 100 millilitres).

La ville de Taif en Arabie Saoudite, est équipée d'une station d'épuration traitant 70000 m³ d'eau par jour. C'est l'une des plus grandes stations au monde. La station est pourvue d'un traitement tertiaire comprenant des filtrations sur sable, une chloration en deux étapes ainsi qu'un passage sur des filtres à charbon actif agissant sur la couleur, l'odeur de l'effluent, et adsorbant les molécules organo-chlorées.

En matière d'irrigation, les normes les plus strictes sont de 2,2 coliformes totaux et 50 coliformes thermotolérants par 100 millilitres d'échantillon.

La réglementation italienne est très stricte en matière d'irrigation. En 1996, les seules références législatives sont une loi de 1976 nommée "Normes pour la protection des eaux contre la pollution", et un texte réglementaire ministériel en découlant. Ce dernier établit les normes pour une réutilisation agricole inférieure à 20 coliformes pour 100ml sur une moyenne de sept jours pour les produits consommés cuits, et moins de 20 coliformes pour 100 millilitres d'échantillon, sur une moyenne de sept jours pour les produits susceptibles d'être consommés crus. Les limites établies par la législation italienne pour l'irrigation agricole sont trop restrictives comparées aux recommandations internationales, et même pratiquement inapplicables dans le cadre de la réutilisation.

I- 6- LES ÉTAPES ET PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DES EAUX USÉES

I-6-1- Les prétraitements

Les prétraitements sont de simples étapes de séparation physique. Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un "prétraitement" qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient, une gêne ultérieurement, ou d'endommager les équipements. Ces opérations sont le dégrillage, Le dessablage, et le déshuilage.

Les eaux usées urbaines sont généralement soumises dans la station d'épuration à un prétraitement qui consiste à débarrasser les eaux usées des polluants solides les plus grossiers.

II-6-1-1- Le dégrillage

Le dégrillage permet l'élimination des matières flottantes grossières. Le dégrillage est une opération qui consiste à faire passer à une vitesse moyenne comprise entre 0,6 et 1 m/s, l'eau brute à travers des grilles composées de barreaux placés verticalement ou inclinés de 60 à 80° sur l'horizontale. Les barreaux, plus ou moins espacés (6 à 100 mm), retiennent les matières les plus volumineuses. Ces éléments sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères. Les matériaux de dégrillage constituent un produit gênant qui est évacué par camions.

I-6-1-2- Le dessablage

Le dessablage a pour la fonction de retenir les sables entraînés avec l'eau. Le dessablage débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe suceuse montée sur pont roulant. Le sable séparé contient des matières organiques, mais plusieurs dispositifs sont appliqués pour améliorer sa qualité par lavage. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, ou réutilisés selon la qualité du lavage. Le volume de sable extrait par habitant et par an est de l'ordre de 5 à 12 dm³.

I-6-1-3- Le déshuilage

Le déshuilage a pour fonction de retenir les huiles rejetées par les ménages, par certaines industries ou entreprises raccordées au réseau d'assainissement de la ville.

I-6-1-4- Le dégraissage

Le dégraissage vise à éliminer la présence de graisses dans les eaux usées, graisses qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques qui interviennent ensuite. De densité plus faible que celle de l'eau, les graisses échappent au processus de dégraissage, atteignent le bassin biologique et forme à la surface une couche mince appelé film lipidique. Non miscibles à l'eau, mais soluble dans des solvants organiques (hexane, chloroforme), les graisses qui flottent, échappent à l'activité biologique, et favorisent la croissance des bactéries filamenteuses génératrices de mousses et contribuent directement à la chute du rendement des stations d'épuration. (KALLEL.M, 1990) [15]

"Le rejet moyen de graisse serait de 11g à 23 g de substances extractibles au chloroforme (S.E.C) par habitant et par jour". (SATIN. M, et SELMI. B, 1999) [16]

Le dégraissage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface de toutes les matières flottantes, et des corps gras d'une densité inférieure à celle de l'eau.

Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées. La teneur des eaux usées en matières extractibles est de l'ordre de 30 à 75 mg/l.

Néanmoins, certains rejets industriels (abattoirs, laiteries...) peuvent élever ces valeurs à 300-350 mg/l.

Dans le réseau d'assainissement les graisses deviennent solides, adhèrent aux parois des canalisations jusqu'à l'obstruction complète. Les graisses participent aussi à la formation de chapeaux graisseux dans les chambres à sable.

I-6-2- Les niveaux de traitement dans une station d'épuration

La dépollution des eaux usées nécessite une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques. En dehors des plus gros déchets présents dans les eaux usées, l'épuration doit permettre, au minimum d'éliminer la majeure partie de la pollution carbonée. Selon le degré d'élimination de la pollution, et les procédés mis en œuvre, trois niveaux de traitements sont définis. Les traitements primaires, secondaires et tertiaires.

I-6-2-1- Les traitements primaires

Les traitements primaires regroupent les procédés physiques ou physico-chimiques visant à éliminer par décantation une forte proportion de matières minérales ou organiques en suspension. A l'issue du traitement primaire, environ 50 à 60 % des matières en suspension sont éliminées, mais ne suffisent généralement pas à satisfaire les exigences épuratoires. La décantation primaire classique consiste donc, en une séparation des éléments liquides, et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les "boues primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement élimine 50 à 55 % des matières en suspension et réduit d'environ 35 % la DBO et la DCO. La demande biologique en oxygène est nécessaire pour décomposer en oxydation les matières organiques de l'eau usée avec l'aide de bactéries. (COURAUD.G, 1969) [17]

L'utilisation d'un décanteur lamellaire permet d'accroître le rendement de la décantation. Ce type d'ouvrage comporte des lamelles parallèles inclinées, ce qui multiplie la surface de décantation et accélère donc le processus de dépôt des particules.

La décantation est encore plus performante lorsqu'elle s'accompagne d'une floculation préalable. La coagulation et floculation⁹⁹ permet d'éliminer jusqu'à 90 % des matières en suspension et 75 % de la DBO. Cette technique comporte une première phase d'adjonction d'un réactif coagulant¹⁰⁰, qui provoque l'agglomération des particules en suspension, puis une accélération de leur chute au fond de l'ouvrage. Les amas de solides ainsi obtenus sont appelés "flocs".

Les traitements primaires ne permettent d'obtenir qu'une épuration partielle des eaux usées. Les déchets ainsi recueillis constituent ce que l'on appelle les boues primaires.

Les traitements primaires ont d'ailleurs tendance à disparaître en tant que seul traitement, notamment lorsque l'élimination de la pollution azotée est requise. Pour répondre aux exigences réglementaires, une phase de traitement secondaire doit être conduite.

I-6-2-2- Les traitements "secondaires", ou élimination biologique des matières polluantes

Les traitements secondaires recouvrent les techniques d'élimination des matières polluantes solubles (carbone, azote, et phosphore). Ils constituent un premier niveau de traitement biologique. Le traitement secondaire est donc désormais le niveau minimal de traitement qui doit être mis en œuvre dans les usines de dépollution.

Dans la grande majorité des cas, l'élimination des pollutions carbonée et azotée s'appuie sur des procédés de nature biologique. Les procédés membranaires combinent quant à eux des procédés biologiques, et physiques .

Certaines installations de dépollution des eaux usées ont toutefois recours à des filières de traitements physico-chimiques, qui peuvent, dans différents cas s'avérer plus opportunes.

⁹⁹ La technique de coagulation flocculation consiste à alourdir les particules en suspension. Cette technique est employée pour séparer les solides en suspension de l'eau, lorsque la vitesse de décantation naturelle est trop lente pour obtenir une clarification efficace.

¹⁰⁰ "Les réactifs coagulants introduits dans les eaux usées ont un pouvoir absorbant, il ont pour effet de neutraliser les charges électriques portées par les substances colloïdales, qui par répulsion électrostatique, maintiennent les particules à l'état dispersé ; on outre ils favorisent leur coagulation, accroissent ainsi leur taille et la densité de gros amas désignés sous le nom de flocs. Ils augmentent par là décantation accélérée". (SATIN. M, et SELMI. B, 1999) [18]

I-6-2-2-1- Les traitements biologiques

Les traitements biologiques reproduisent, artificiellement ou non, les phénomènes d'autoépuration existant dans la nature. L'autoépuration regroupe l'ensemble des processus par lesquels un milieu aquatique parvient à retrouver sa qualité d'origine après une pollution .

Les techniques d'épuration biologique utilisent l'activité des bactéries présentes dans l'eau, qui dégradent les matières organiques. Ces techniques sont soit anaérobies, c'est-à-dire se déroulant en absence d'oxygène, soit aérobies, c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène. A Constantine, c'est le procédé des "boues activées" qui est pratiqué dans la station d'épuration qui assure aujourd'hui le traitement secondaire .

Parmi les traitements biologiques, on distingue les procédés biologiques extensifs et intensifs.

I-6-2-2-2- Les procédés biologiques extensifs

Le lagunage utilise la capacité épuratrice de plans d'eau peu profonds. Concrètement, les eaux usées sont envoyées dans une série de bassins, deux ou trois au minimum. L'oxygène est apporté par les échanges avec l'atmosphère au niveau du plan d'eau, et par l'activité de photosynthèse des microalgues de surface. La pollution organique se dégrade sous l'action des bactéries présentes dans le plan d'eau. Le rayonnement solaire détruit en outre certains germes (lagunage de finition, dans les derniers bassins). La durée de séjour des eaux usées dans les bassins peut atteindre 60 jours et les eaux à traiter doivent avoir subi une décantation préalable (lagunage primaire).

Ce mode d'épuration permet d'éliminer 80 % à 90 % de la DBO, 20 % à 30 % de l'azote et contribue à une réduction très importante des germes.

I-6-2-2-3- Les procédés biologiques intensifs

Il s'agit d'un système d'épuration aérobie, c'est-à-dire nécessitant un apport d'oxygène. La culture bactérienne est maintenue dans un bassin aéré et brassé. Un système d'aération permet à la fois d'apporter l'oxygène nécessaire à l'épuration, et de brasser les eaux usées. Ce brassage est indispensable pour homogénéiser le mélange et éviter les dépôts. Les matières organiques contenues dans l'eau se transforment en carbone (sous la forme de dioxyde de carbone CO₂)

sous l'action des bactéries. Les résidus ainsi formés, contenant ce stock de bactéries, sont appelés "boues."

Après un temps de séjour dans ce bassin d'aération, l'effluent est renvoyé dans un clarificateur, appelé aussi décanteur secondaire. L'eau épurée est ainsi séparée des boues par décantation . Les boues sont ensuite, soit envoyées dans une unité de traitement spécifique, en vue de leur épandage agricole ou de leur élimination, soit réinjectées en partie dans le bassin d'aération. On qualifie cette opération de "recirculation des boues". Ce recyclage d'une partie des boues produites par le système d'épuration permet de maintenir la masse de bactéries contenue dans le bassin d'aération à un niveau compatible avec les performances épuratoires attendues . Les traitements par boues activées éliminent de 85% à 95 % de la DBO5, selon les installations.

Mise au point dans les années 80, cette technique élimine environ 90 % de la DBO5 et peut également éliminer l'azote. Les procédés biologiques présentent l'avantage d'utiliser des installations plus compactes qui permettent une intégration facile des usines d'épuration en milieu urbain .

I-6-2-2-4- Les procédés membranaires

Les procédés membranaires combinent des procédés biologiques, et physiques. Un traitement par boues activées est suivi d'une filtration au travers de membranes organiques ou céramiques. Ces membranes très fines constituent une barrière physique qui retient les micro-organismes, et les particules. Les bactéries ne franchissent pas la membrane, mais restent dans le réacteur, c'est-à-dire le bassin à boues activées où se déroule la réaction biologique de dégradation des matières organiques. Ce type de traitement a l'avantage de nécessiter des installations de dimension réduite (suppression du clarificateur) et d'offrir un très haut niveau d'épuration. Mais il reste peu utilisé, car les coûts de fonctionnement en sont très élevés. La filtration est recommandée pour obtenir une bonne qualité des eaux destinées au rechargement des nappes souterraines.

I-6-2-3- Les traitements tertiaires

Dans certains cas, des traitements tertiaires sont nécessaires, notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible.

A titre d'illustration, les rejets dans les eaux de baignade, dans des lacs souffrant d'un phénomène d'eutrophisation ou dans des zones d'élevage de coquillages sont concernés par ce troisième niveau de traitement. Les traitements tertiaires peuvent également comprendre des traitements de désinfection. La réduction des odeurs peut encore être l'objet d'attentions particulières

I-7- LES TRAITEMENTS COMPLÉMENTAIRE: ÉLIMINATION DE L'AZOTE, DU PHOSPHORE, ET DÉSINFECTION

Des traitements plus poussés sont effectués lorsque la nature des milieux recevant l'eau dépolluée l'exige : les zones sujettes aux phénomènes d'eutrophisation, les lieux de baignade et de conchyliculture (élevage de coquillages). Ils sont, la plupart du temps, concomitants au traitement biologique du carbone. L'azote et le phosphore présents dans les eaux domestiques proviennent soit des excréments, soit des produits commerciaux consommés pour l'entretien comme les produits de nettoyage

III-7- 1- Origine de l'azote, et du phosphore

L'azote est présent dans l'air, dans le sol, et dans les eaux sous diverses formes dont les combinaisons chimiques et biologiques, conduisent à des produits de réactions très différentes. L'azote présent dans l'eau se trouve sous deux formes: Minérales et organiques

L'azote minéral est principalement sous forme d'azote moléculaire N_2 , d'ion ammonium NH_4^+ , d'ion nitrite NO_2^- , et d'ion nitrate NO_3^- .

L'azote organique est présent sous forme de protéines qui donnent par hydrolyse des acides aminés.

Certains dérivés de l'azote sont très toxiques pour les poissons en particulier l'ammonium (NH_4) et les nitrites (NO_2). De plus, l'ammonium entraîne une consommation de l'oxygène dissous dans les eaux. Une menace à ne pas négliger est aussi la concentration croissante de nitrates (NO_3) dans l'eau potable. Certes, les nitrates eux-mêmes ne sont pas dangereux pour la santé, mais par réaction chimique, ils peuvent se dégrader en produits mortels pour les enfants en bas âge (cyanose: coloration bleuâtre de la peau due à une mauvaise oxygénation du sang).

Il n'est pas rare de trouver dans l'eau potable des valeurs supérieures au taux autorisé dans la communauté européenne la "C.E".

L'eau résiduaire domestique contient environ 30 à 50 milligrammes par litre d'azote. Dans les eaux usées arrivant en station d'épuration, l'azote est présent notamment sous forme d'ammonium NH_4 . De plus, il peut être fixé sur d'autres molécules, par exemple sur les substances organiques comme les protéines. L'ammonium est souvent déjà formé dans le réseau de canalisation ou dans la station d'épuration elle-même. Les nitrates proviennent en général de l'industrie.

Le phosphore se présente sous deux formes comme l'azote. Le phosphore minéral est présent principalement sous forme d'orthophosphate PO_4^{3-} , de phosphure, de diverses combinaisons minérales comme le triphosphate de sodium, le pyrophosphate tétra sodique et l'héxamétaphosphate de sodium.

La quantité de phosphore rejetée dans les eaux urbaines est de l'ordre de 3 à 4g par habitant et par jour. (SATIN. M, et SELMI. B, 1999) [19]

I-7-2- Pourquoi faut-il éliminer l'azote dans les eaux résiduaires ?

Les composés azotés sont comme les phosphates, des substances importantes pour la fertilisation des plantes. Lorsque ces produits sont présents dans l'eau en concentration importante, ils stimulent la prolifération des algues ou d'autres plantes aquatiques. Mais aussi les bactéries, et les champignons se multiplient de façon extraordinaire dans les eaux trop "enrichies" en "engrais". Ces microorganismes ont besoin d'oxygène dissous pour respirer : oxygène qui fait alors défaut dans l'eau. Les conséquences en sont des réactions de décomposition dans des conditions anaérobies. C'est ainsi que l'eau peut se transformer en eau croupie qui dégage une odeur nauséabonde.

I-7-2-1- L'élimination de l'azote

Pour lutter contre la pollution croissante des eaux de surface dont une des conséquences importantes est l'eutrophisation, des mesures ont été prises dans de nombreux pays. L'élimination de l'azote, et du phosphore sont les deux moyens de lutte contre l'eutrophisation que l'on définit comme étant : "*un enrichissement des eaux en substances nutritives qui aboutit généralement à des modifications symptomatiques telles que la production accrue d'algues et autres plantes*

aquatiques, dégradation de la pêche, détérioration de la qualité de l'eau ainsi que tous les usages qui en sont fait en général". (GAID. A, 1984) [20]

Les stations d'épuration prévues pour éliminer les matières carbonées n'éliminent qu'environ 20 % de l'azote présent dans les eaux usées. Pour satisfaire aux normes de rejet en zones sensibles, des traitements complémentaires doivent être mis en place.

L'azote organique se transforme dans les eaux usées en azote ammoniacal (NH_4^+). L'élimination de l'azote ammoniacal est, le plus souvent, obtenue grâce à des traitements biologiques, de "nitrification-dénitrification". La nitrification consiste en une transformation, par des cultures bactériennes, de l'azote ammoniacal en nitrates (NO_3), une forme oxydée de l'azote. Une seconde phase, la dénitrification, complète le processus. Les nitrates, sous l'action de bactéries "dénitrifiantes", sont transformés en azote gazeux. Ce gaz s'échappe alors dans l'atmosphère comme le CO_2 produit par l'élimination des matières carbonées. Ces procédés sont aujourd'hui les plus compétitifs et les mieux adaptés, puisqu'ils peuvent, notamment, être combinés à l'élimination de la pollution carbonée. Il suffit pour cela que les volumes des bassins, et les dispositifs d'aération soient suffisants.

Les procédés physiques et physico-chimiques d'élimination de l'azote (électrodialyse, résines échangeuses d'ions, "stripage" de l'ammoniaque) ne sont pas utilisés dans le traitement des eaux résiduaires urbaines, pour des raisons de rendement, et de coût. Les procédés les plus employés sont classés en deux grandes catégories : physico-chimique et biologique. Le choix d'une technique donnée, ou d'une combinaison de techniques, dépend de nombreux facteurs parmi lesquels l'on peut citer : la quantité de nutriments à éliminer, l'utilisation finale de l'eau à traiter, les conditions économiques.

I-7-2-2- L'élimination du phosphore

Comme l'azote, le phosphore se présente sous deux formes : Minérales et organiques. L'élimination du phosphore, ou "déphosphatation", peut être réalisée par des voies physico-chimiques ou biologiques. En ce qui concerne les traitements physico-chimiques, l'adjonction de réactifs, comme des sels de fer ou d'aluminium, permet d'obtenir une précipitation de phosphates insolubles et leur élimination par décantation. Ces techniques, les plus utilisées actuellement, éliminent entre 80 % et 90 % du phosphore, mais engendrent une importante production de boues.

La déphosphatation biologique consiste à provoquer l'accumulation du phosphore dans les cultures bactériennes des boues. Les mécanismes de la déphosphatation biologique sont relativement complexes et leur rendement variable (en fonction notamment de la pollution carbonée et des nitrates présents dans les eaux usées). Le rendement moyen est d'environ 60 %. Dans les grosses installations d'épuration, ce procédé est souvent couplé à une déphosphatation physico-chimique, pour atteindre les niveaux de rejets requis.

I-7- 3- Proportions des composés azotés dans les eaux résiduaires

L'eau résiduaire domestique contient environ 30 à 50 milligrammes par litre d'azote. Dans les eaux usées arrivant en station d'épuration, l'azote est présent notamment sous forme d'ammonium NH_4 . De plus, il peut être *fixé* sur d'autres molécules, par exemple sur les substances organiques comme les protéines. L'ammonium est souvent déjà formé dans le réseau de canalisation ou dans la station d'épuration elle-même. Les nitrates proviennent en général de l'industrie. L'évolution typique du taux d'ammonium, et de nitrates dans les effluents entrant dans une station d'épuration dont les eaux sont essentiellement d'origine domestique, est très faible sur l'ensemble de la plage considérée de 24 heures. L'ammonium atteint nettement un pic le matin, entre 10 et 12 heures. La concentration maximale est d'environ 35 milligrammes par litre. Le minimum se situe dans les toutes premières heures, au petit matin.

I-7-4- La désinfection

Les traitements primaires et secondaires ne détruisent pas complètement les germes présents dans les rejets domestiques. Des procédés d'élimination supplémentaires sont donc employés lorsque les eaux traitées sont rejetées en zone de baignade, de pisciculture ou d'élevage de coquillages. L'éventail des techniques de désinfection est assez large.

Un réactif désinfectant peut être ajouté aux eaux traitées, avant leur rejet dans le milieu naturel. Le chlore est le désinfectant le plus courant. Mais la désinfection peut également s'effectuer avec le brome, ou avec le dioxyde de chlore ou l'ozone.

L'ozone est un oxydant chimique puissant (le plus puissant après le fluor), et de ce fait apte à détruire un grand nombre de composés oxydables présents dans les eaux résiduaires.

Contrairement à l'utilisation des dérivés chlorés, l'application de l'ozone à la réduction de la demande chimique en oxygène (DCO) ne génère pas de sous-produits chlorés toxiques. *"L'ozone est un oxydant suffisamment puissant pour détruire des cyanures métalliques complexes stable (comme ceux du fer ou du nickel). L'ozone peut être utilisé en très faible concentration (environ 1ppm dans le cas de la potabilisation de l'eau) et il est possible d'augmenter l'efficacité du traitement en lui adjoignant un rayonnement ultra-violet"*. (GUENARD.J, 1999) [21]

Le lagunage naturel "tertiaire" assure l'exposition des micro-organismes pathogènes au rayonnement solaire. Ce rayonnement provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé (50 à 60 jours). Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amoinde lors que l'exposition aux rayons du soleil se réduit, pendant l'hiver ou lors de remise en suspension de sédiments à l'occasion de fortes précipitations. Des lagunes de finition peuvent par contre être installées en aval d'une station biologique classique.

Les ultraviolets (UV) sont de plus en plus utilisés, depuis quelques années, pour désinfecter les eaux usées urbaines. Assurant un bon rendement de désinfection, les UV nécessitent un investissement important, mais présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection

Conclusion

Dans les pays développés, les excréments humains sont collectés pratiquement en totalité de manière sûre par un réseau d'égouts, en fosses septiques, ou par d'autres systèmes. L'adoption du tout à l'égout peut être considérée comme une exigence à la concentration démographique, et à celle de l'expansion des espaces urbains.

La plupart des villes des pays développés sont entièrement équipées du tout-à-l'égout, qui permet de collecter toutes les déjections, et de les évacuer des centres urbains. Il faut noter toutefois que, même dans ces pays dit développés, des quantités considérables d'eaux-vannes sont rejetées sans traitement préalable dans la nature, polluant ainsi: les mers, les océans et les rivières.

Dans les pays en développement, les infrastructures d'assainissement offrent une image très différente. Environ 10% seulement de la population totale, essentiellement dans les villes, sont desservis par un réseau d'égouts, et à peine 20 % disposent d'un système d'assainissement individuel. L'immense majorité environ

60 à 65 % de la population de ces pays ne bénéficie pas d'un assainissement approprié. Le traitement des eaux usées, et des eaux vannes, varie lui aussi considérablement en fonction de l'état économique de chaque pays.

Dans la plupart des cas, les systèmes d'égouts des pays en développement ne comportent aucun traitement. L'évacuation des excréments dans le tout-à-l'égout génère des volumes considérables d'eau contaminée, qui ne sont pas traitées, mais rejetées directement dans l'environnement, libérant eux mêmes de nombreux agents pathogènes.

Les milieux récepteurs des rejets de l'activité humaine subissent des altérations. Les rejets d'eaux putrides intensifient donc la dégradation du cadre de vie, et augmentent les risques de pollution, qui affectent la santé des populations.

CHAPITRE II : L'ASSAINISSEMENT A CONSTANTINE : PROBLÈMES DE COLLECTE, D'ÉVACUATION, ET DE TRAITEMENT

Introduction

L'installation des infrastructures d'assainissement qui assurent la collecte, le transport, et le traitement des eaux usées, pour que l'environnement dans lequel nous vivons ne se transforme pas en égout, est problématique dans la ville de Constantine. Dans les quartiers défavorisés installés sur les terrains pentus, ou sur les berges des oueds où sont installées les habitations précaires et illicites, les eaux restituées sont évacuées directement dans la nature. Une bonne partie des oueds est transformée en égout naturel, par des entités urbaines établies sous formes de lotissements qui ne sont pas raccordés à l'égout de la ville, ou par des constructions illicites installées sur des terrains impropres à l'urbanisation. Les installations industrielles aggravent encore plus le problème.

La vétusté du réseau d'alimentation en eau potable aggrave les problèmes posés par la circulation anarchique des eaux. La dégradation des collecteurs d'assainissement, intensifie la pollution qui contamine les eaux de surfaces, et empoisonne les nappes¹⁰¹ phréatiques, et les nappes profondes. Eau de ruissellement, eaux usées restituées par la ville, et déperdition de l'eau potable, endommagent les constructions. Les eaux usées non canalisées polluent de nombreux quartiers, et provoquent la fragilisation des sols, qui fait subir aux constructions des dégradations spectaculaires qui se manifestent sous forme de : fissuration, tassement des fondations, glissement, inclinaison des constructions, effondrement des voies et d'ouvrages de génie civil. Tout cela complique le problème d'hygiène en milieu urbain. A Constantine, la mise en place d'une infrastructure d'assainissement, et d'alimentation en eau potable ne suit pas le rythme de la croissance de la ville, c'est pourquoi, il y a rupture d'équilibre écologique, dégradation des constructions, agression de la nature, et pollution de l'environnement.

¹⁰¹ Les nappes phréatiques, bien qu'alimentées uniquement par infiltration, ne sont pas épargnées, par les effets de ruissellement des eaux usées qui contiennent des polluants qui peuvent mettre longtemps à les atteindre, mais y demeurer des dizaines d'années si la circulation de l'eau est lente. La pollution des nappes n'est donc pas immédiate, mais son effet est plus durable et difficilement réversible. La pollution des eaux par les nitrates présente un double risque. Ingérés en trop grande quantité, les nitrates ont des effets toxiques sur la santé humaine. Par ailleurs, les nitrates contribuent avec les phosphates à modifier l'équilibre biologique des milieux aquatiques en provoquant des phénomènes d'eutrophisation.

II-1- LES CARENCES EN ASSAINISSEMENT DANS LA VILLE DE CONSTANTINE : IMPACTS SUR L'HOMME ET SUR L'ENVIRONNEMENT

Aujourd'hui il est bien connu, que ce sont surtout les eaux usées d'origine domestique et industrielle, qui affectent le plus l'environnement urbain, et qui provoquent une atteinte à la santé des populations.

Les eaux usées urbaines non traitées, et non canalisées:

- menacent d'effondrement les routes, les ponts et les constructions,
- déstabilisent l'état naturel des sols, et amplifient les glissements,
- contaminent les eaux de surfaces, et les nappes phréatiques,
- provoquent des dommages dans les constructions,
- exposent la population des quartiers où la connexion au réseau d'assainissement est inexistante, aux risques de maladies infectieuses.

Toutes les entités urbaines qui structurent la ville de Constantine sont raccordées à un réseau unitaire vétuste, et inadapté à assurer l'évacuation rapide des eaux usées, et des eaux de ruissellement. De nombreux lotissements privés, nouvellement créés à la périphérie de la ville, sont privés d'un réseau d'assainissement¹⁰². A Constantine, les carences en réseau d'assainissement se sont généralisées dans tous les quartiers de la ville, et l'égout dans la fonction est d'assurer l'évacuation souterraine des eaux usées, et une partie des eaux pluviales, déverse ces eaux sales et putrides sur les routes, entre les constructions, et dans les milieux naturels : les oueds notamment.

L'importance et l'ampleur des dégâts enregistrés dans de nombreux quartiers de la ville pour causes de carence en assainissement nous interpellent donc tous, à prendre conscience des risques, et des dangers qui pèsent sur l'homme et sur l'environnement.

II-1-1- Des eaux usées et des eaux pluviales non canalisées, qui accélèrent la dégradation des constructions

Constantine est l'exemple des grandes villes de l'Est algérien où la circulation anarchique des eaux compte parmi les principales causes d'effondrement, de

¹⁰² Environ 20% de la population des pays musulmans en développement du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord (l'Algérie, l'Égypte, la Jordanie, le Liban, le Maroc, la Palestine, le Soudan, la Syrie, la Tunisie et le Yémen) n'avait pas accès à l'eau salubre entre 1990-1996, et près de 37% de cette même population était privée de services d'assainissement au cours de cette période" (FARUQUI. N, et al, 2005) [22]

glissement, et de dégradation de l'environnement. Les importantes déperditions observées dans les conduites d'eau potable, et dans le réseau d'assainissement, ont amplifié l'importance de la dégradation des routes, et le glissement des constructions, qui exposent les habitants à des risques qui menacent leur vie.

Pas moins de 130 rejets d'eaux usées ont été repérés lors de l'enquête effectuée en Avril 1988, dans l'ensemble de l'agglomération de Constantine.

Confrontée aux problèmes des écoulements des eaux usées, et de ruissellements non canalisés qui polluent de nombreux quartiers, Constantine subit des dégradations spectaculaires de son tissu. Benchergui, El Gamas, Belouizdad, Boussouf, Saint Jean, les Mûriers, El-Ménia, Boudraa Salah, Bellevue, Kitouni, Kaïdi, etc., sont autant d'entités urbaines implantées dans des zones à risque, où le mouvement des glissements s'accélère pour cause de carence en assainissement. Le phénomène de ruissèlement des eaux s'est amplifié encore plus avec l'urbanisation anarchique, et l'étalement de la ville ont amplifié le déficit en collecteurs d'assainissement qui assurent la collecte des eaux usées, et le raccordement au réseau d'assainissement de la ville. Toutes les entités illicites qui entourent la ville de Constantine sont exposées à ce phénomène. Le cas de Benchergui en est un exemple parmi tant d'autres. Les baraques, et les constructions situées au sommet des collines de

Les baraques, et les constructions situées au sommet des collines de Benchergui, et au voisinage du lit de l'oued el Mellah, sont exposées à des risques de mouvement de masse, qui provoquent l'effondrement de ces constructions. Les fondations qui reposent sur des terres argileuses, de conglomérats de sable et de pierrailles, n'assurent plus la stabilité, lorsque le sol d'assise est saturé d'eau. (Photo n°78)

Photo78 : **Dégradation des constructions illicites de Benchergui**



Source : Auteur 2007

Le manque de drainage des eaux pluviales, et l'infiltration en profondeur des eaux usées, déstabilisent l'équilibre fragile des constructions qui se dégradent, et accélèrent le phénomène d'érosion. La dégradation des milieux naturels par le ruissellement des eaux pluviales occasionne des pertes importantes de sol qui se détachent des versants des collines, ou des berges des oueds, et des chabets. De nombreux glissements de terrain ont été provoqués par le ruissellement permanent

des eaux restituées par la ville, ou par les eaux de pluie. En période hivernale les pluies tombent avec intensité. Les affaissements des routes sont importants sur les routes d'el Ménia, et de Massinissa, et les inondations des voies de circulation se multiplient en période hivernale pour cause d'absence d'avaloirs, ou de manque d'entretien. (Photo n°79) Les habitations illicites situées au voisinage des oueds sont exposées au risque des glissements lorsque l'oued en crue, arrache le sol situé au dessous des fondations. (photo n° 80)

Photo n°79 : **Effondrement de la route de Massinissa**



Source : Auteur 2006

Photo n° 80: **Rupture du sol sous une partie de la maison à Benchergui**



Source : Auteur 2006

Le débordement des eaux par les regards obstrués favorise le ruissèlement des eaux, et alimente en permanence le sol des assises des constructions qui s'entassent, et qui déstabilisent l'équilibre des habitations illicites.

Le ruissellement des eaux provoque des catastrophes qui se manifestent souvent par une perte graduelle du sol, une formation d'eau stagnante putride qui dégage une mauvaise odeur. La destruction des voies et des ouvrages d'art se multiplie dans les zones, où le ruissèlement des eaux n'est pas canalisé. (Photo n°81 et 82)

Photo n° 81: **Eau stagnante et érosion du sol**



Source : Auteur 2006

Photo n°82 : **Dégradation du sol et effondrement de route**



Source : Auteur 2006

Destruction de nombreux paysages, transformation de nombreux quartiers en zones inondables, accélération des mouvements de masse, et dégradation de l'hygiène en milieu urbain, sont autant de préoccupations qui inquiètent les responsables chargés de l'urbanisme, et de l'hygiène de la ville de Constantine, qui s'est beaucoup étalée en surface en imperméabilisant les terres agricoles par le béton et l'asphalte, et en réduisant davantage la couverture végétale.

II-1-2- Un réseau d'assainissement mal entretenu : une circulation anarchique des eaux qui menace l'homme et l'environnement

La vétusté du réseau d'assainissement, intensifie la pollution dans divers quartiers de la ville, et particulièrement dans les quartiers les plus anciens, où l'entretien est difficile. Dans de nombreux quartiers de Constantine, le réseau d'assainissement subit des dommages qui rendent "difficile" toute forme d'entretien. Les problèmes posés par la circulation anarchique des eaux usées, transforment les sites construits et les milieux naturels, en lieux malsains. La formation des eaux stagnantes, pollue tout l'environnement.

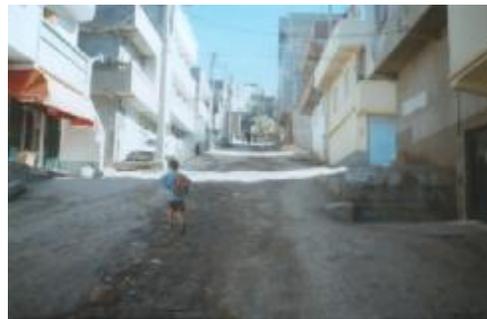
Dans les lotissements publics, dans les quartiers illicites, dans les bidonvilles, et même dans les Z.H.U.N, les eaux domestiques circulent librement entre les constructions, puis s'infiltrent jusqu'au niveau des fondations. Le cas du bâtiment B5 du Ciloc est révélateur de ce phénomène où les eaux usées s'infiltrent à plus de 18 mètres de profondeur. Le cas des habitations illicites de la cité el Bir situés près des chalets de SOTRACO, où les maisons s'entassent jusqu'au premier étage est encore plus dramatique. (photo n°83 et 84)

Photo n° 83: Tassement des maisons de la cité el Bir



Source : Auteur 2006

Photo n°84 : Rabaissement du niveau de la rue, et inclinaisons des maisons illicites à la cité el Bir



Source : Auteur 2006

Dans les immeubles d'habitation collective, la stagnation des eaux usées dans les vides sanitaires dégage des odeurs putrides, et expose en permanence les

populations à respirer l'air pollué. Les eaux usées brutes sont sales, l'apparence et l'odeur sont désagréables.

Sur les parois rocheuses des gorges du Rhumel qui entourent la vieille ville de Constantine, des chutes d'eaux usées forment en plusieurs endroits, des cascades d'eau alimentées à partir de ces collecteurs d'assainissement endommagés depuis de longues dates.

Ces collecteurs qui restent bien accrochés à cette masse rocheuse qui subit les effets du ruissellement des eaux souillées restituées par la vieille ville, ont noirci ce rocher de calcaire qui a donné la solidité, et la stabilité, à ces constructions vieilles de plus de 2000 ans. Sur ces parois rocheuses on n'apporte aucune réparation aux collecteurs endommagés depuis si longtemps. (Photo n° 85)

Photon° :85 Égouts endommagés qui saillissent un patrimoine classé



Source : Auteur 2006

Le manque d'entretien du réseau d'assainissement occasionne l'obstruction des regards, et des collecteurs, qui déversent les eaux noires sur les routes, sur les trottoirs, et entre les constructions où jouent les enfants. Mal entretenu, les réseaux d'assainissement sont devenus une menace pour les habitants.

II-2- LE RHUMEL ET LE BOUMERZOUG : DEUX ÉGOUTS NATURELS QUI TRAVERSENT LA VILLE

Les deux principaux oueds du Rhumel, et du Bumerzoug qui traversent la ville de Constantine, ont toujours fonctionné comme des réceptacles naturels, où se déversent les eaux usées restituées par la ville, et ses banlieues. Ces eaux usées d'origine domestique et industrielle, sont très polluantes dans la mesure où on y trouve de tout : des matières minérales, des matières organiques, des détergents, des urées, des bactéries, des huiles et des graisses, et enfin des matières dissoutes dans l'eau. "*Les eaux usées contiennent des agents pathogènes, notamment des bactéries, des virus, et des helminthes (vers parasites) pouvant causer des maladies, voire la mort*". (FARUQUI. N, et al 2005) [23] Rejetées en abondance sans avoir subi une dépollution préalable, les eaux usées transforment ces réceptacles naturels

en égout à ciel ouvert. Le rejet des eaux usées engendre de graves perturbations dans les écosystèmes aquatiques, allant jusqu'à l'eutrophisation¹⁰³ des oueds.

En période de printemps et d'été, où les pluies sont rares, ces eaux chargées de produits toxiques pour la faune et flore, stagnent et deviennent noires. Les oueds du Rhumel, et du Boumerzoug d'où émanent les mauvaises odeurs, deviennent alors des lieux répulsifs, qui pourraient être à l'origine de miasmes divers, ou de gîte de reproduction de moustiques, ou autres vecteurs d'infections transmissibles, dangereux pour la santé. La baignade dans ces eaux sales, expose les enfants à des maladies de la peau et à la typhoïde. *“Les helminthiases sont l'une des principales causes de morbidité chez les adolescents et les adultes dans le monde”*. (KREISEL.W, 1999) [24]

II-3- LES DÉGRADATIONS QUE PROVOQUENT LES OUEDS EN CRUE

En période hivernale, où les crues sont plus fréquentes, la remontée de l'eau dans les oueds menace de destruction toutes les habitations précaires construites en parpaings, et en tôles. Cette menace n'est pas sans gravité aussi sur de nombreux ouvrages d'assainissement exposés au risque de rupture de collecteurs installés dans les oueds.

Les eaux des oueds du Rhumel, du Boumerzoug, el Mellah, oued Lekleb, débordent de leur lit, et inondent les terrasses d'alluvion. Le niveau de l'eau monte rapidement à plus de trois ou cinq mètres, et entraîne tout ce qui se trouve sur son passage.

Les tôles, les fûts de 200 litres utilisés dans les chantiers de constructions, les madriers, les pneus de véhicules usés rejetés sur le bord des oueds, les bidons en tôle ou en plastique, les carcasses de certains produits domestiques, les arbres et les branches arrachés, et autres rejets déposés sur les berges, sont emportés par les eaux. C'est surtout en période de pluie intense, que les oueds charrient de nombreux objets qui forment obstacles dans les regards de visites, et dans les canalisations mal entretenues.

¹⁰³ Le phénomène d'eutrophisation se caractérise par la prolifération d'algues et par la diminution de l'oxygène dissous, ce qui appauvrit la faune et la flore des eaux superficielles. Si la concentration de substances polluantes augmente considérablement, cela peut produire l'asphyxie d'un grand nombre d'animaux et de plantes aquatiques. A partir de ce moment, l'action des bactéries aérobies, qui dans les conditions normales maintiennent le pouvoir d'auto-épuration de l'eau, est remplacée par l'intervention de bactéries anaérobies qui contribuent à la putréfaction de l'eau.

Les produits rejetés dans la nature, amplifient les risques d'obstruction de nombreuses canalisations où, les eaux boueuses et les nombreux rejets, forment des obstacles à l'écoulement normal des eaux.

Les rejets créent par endroit où l'oued est en méandre, des obstacles qui relèvent le niveau de l'eau jusqu'à atteindre les constructions précaires et illicites, des cités Bessif et du Bardo prévues d'être rasées en 2008. Les berges saturées d'eau, et sans protection par de la végétation ont provoqué facilement des glissements de terrain, et des destructions d'habitations précaires construites en parpaings, en tôles, et en matériaux récupérés dans les décharges (plastiques, bidons, bois, pneus, etc.). (Photo n°86 et 87)

photo n° 86: **Bidonville de Constantine**



Source : Auteur 2007

photo n° 87: **Destruction d'une habitation précaire**



Source : Auteur 2007

La formation de bouchons ou de monticules d'ordures dans les conduites d'assainissement perturbent l'écoulement normal des eaux nuisibles dans les canalisations, et conduisent à des débordements, ou à des fuites qui ne sont pas sans conséquence sur la contamination des ressources en eau douce, et sur la qualité de l'eau des oueds utilisées pour l'irrigation de vastes champs agricoles.

Les nombreuses obturations d'ouvrages d'assainissement entraînent un écoulement permanent des eaux usées qui envahissent les espaces laissés entre les constructions.

Les écoulements d'eaux nuisibles déversées dans toutes les directions et pendant de longues périodes, s'infiltrant en profondeur, déstabilisent le sol sur lequel reposent les constructions, provoquent des glissements de terrain, et augmentent les risques de la formation d'eau stagnante qui constitue une menace pour les populations.

Dans les zones urbanisées, les regards de visite (constitués d'éléments préfabriqués circulaire de 1m de diamètre, d'un cône, d'un port tampon et d'un tampon fabriqué en fonte), sont remplis de pierres, de branches d'arbres, de tôles, de bidons, etc., jetés par les enfants qui utilisent ces regards pour jouer. Au moins trois enfants de 10 ans à 16 ans ont trouvé la mort suite à une chute accidentelle à Boumerzoug et à Djenane Zitoun. Tous les tampons qui assuraient la fermeture des regards ont été enlevés et vendus, ce qui expose au danger pendant la nuit, la vie de nombreux usagers des routes. L'entretien du réseau d'assainissement à Constantine n'a jamais été pris sérieusement en charge. Aujourd'hui l'opération est confiée à l'ONA (office national d'assainissement).

En période de crue, les eaux de ruissellements apportées par les émissaires augmentent le débit de l'eau restituée dans la station d'épuration. Ces variations posent deux types de problèmes:

- le premier est lié au fonctionnement de la station, perturbée par le volume d'eau à traiter, et ce malgré l'installation sur toutes les conduites du réseau d'assainissement de déversoirs d'orage¹⁰⁴, pour pallier justement à ces problèmes.
- Le second est plutôt lié aux changements de composition des eaux qui arrivent à la station d'épuration.

Dans la station d'épuration, le surplus d'eau est rejeté après un prétraitement de dégrillage, et de dessablage.

Les inondations provoquées par la crue de juillet 1990 ont endommagé les chantiers de l'entreprise RUDIS chargée de l'installation d'un nouveau réseau d'assainissement de la ville où il est prévu l'implantation de gros collecteurs de diamètre 1600mm et 2000mm, et la construction d'un ouvrage d'assainissement exceptionnel nommé puits VORTEX. Il en existe sept dans le monde, celui de Constantine est le plus grand.

¹⁰⁴ La quantité d'eau usée déversée dans la canalisation n'est pas constante, elle est variable, c'est pourquoi la construction d'ouvrage particulier appelé déversoir est nécessaire. La fonction du déversoir est d'assurer la prise en charge du débit excessif dû à la brusque augmentation des eaux usées et pluviales ou à une avarie de l'installation d'épuration et leur évacuation dans le rejet naturel.

Pour faire redémarrer les chantiers, et éliminer les menaces de glissement des constructions situées en amont des berges instables, il a fallu que l'entreprise RUDIS crée des terrasses, et installe des drainages

Les pluies battantes du 21 janvier 2003, ont occasionné de nombreux dégâts à Constantine, où beaucoup de quartiers, de routes et de ponts, sont inondés. Dans de nombreux quartiers les routes sont coupées à la circulation.

Les ouvrages de génie civil, et les routes sont souvent endommagés. Dans l'oued du Rhumel et du Boumerzoug, l'enrochement installé dans les parties en méandres a été arraché en plusieurs endroits. A oued el Mellah, le gabionnage mis en place pour assurer la protection contre les effets de glissement, a sérieusement été endommagé.

La crue du 21 janvier 2003, a relevé le niveau de l'eau dans les oueds à plus de six mètres par rapport à son niveau en temps normal. (Photo n°88)

A oued el Mellah, le gabionnage mis en place pour assurer la protection contre les effets de glissement des talus de routes, a sérieusement été endommagé. Le ravinement de l'oued el Mellah a provoqué à Ben Chergui, l'effondrement de nombreuses baraques, et la dégradation de nombreuses habitations illicites en dur. Une partie assez importante de la chaussée d'el Ménia qui relie la ville de Constantine à Hamma Bouziane est sérieusement endommagée. (Photo n°89)

Photo n° 88: Le Rhumel en crue



Source : Auteur 2003

Photo n°89 : Oued El Mallah après les pluies averses de janvier 2003



Source : Auteur 2003

II-4- L'EGOUT : UNE INFRASTRUCTURE SOUTERRAINE QUI ASSURE UNE PROTECTION SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTALE

L'égout fut d'abord, une réponse à la grande peur des épidémies, et aux besoins nouveaux de la ville. La fonction du tout-à-l'égout était de toute évidence hygiénique et fonctionnelle.

Jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle, les moyens d'assainissement traditionnels les plus répandus dans les villes étaient, d'une part le système des fosses d'aisances pour les résidus humains, et d'autre part les voies de circulation, et les rues, pour l'évacuation des eaux usées. L'urbanisation a eu deux conséquences importantes sur le plan technique d'assainissement :

- Les grandes densités de population ont entraîné la surcharge des fosses d'aisances avec les dangers et les nuisances que cela pouvait comporter.
- L'évacuation en surface des eaux pluviales par absorption par le sol ou par des canaux ouverts, est devenue de plus en plus difficile avec le pavage des rues et l'augmentation du trafic. (DUPUY. G, 1984) [25]

Avec le système du tout-à-l'égout, les résidus humains, les eaux ménagères, et les eaux pluviales, furent évacuées dans un même réseau.

A Constantine, ce sont les oueds et les chabets, qui assurent en majeure partie la fonction d'égout. Les oueds pollués par les eaux restituées par la ville, se transforment en égout, et en lieu de décharge qui dénature l'environnement.

Dans les quartiers illicites les milieux naturels sont transformés en lieu d'ordures. C'est le cas de toutes les entités illicites de Constantine, où l'accès aux camions de ramassage d'ordures est difficile. (Photo n°90 et 91)

Photo n°90 : Oued Lekleb a sec transformé en poubelle



Source : Auteur 2007

Photo n°91 : Habitations précaires de Oued el Had



Source : Auteur 2007

Les carences en égouts dans la ville de Constantine ont porté gravement atteinte à l'hygiène en milieu urbain, et à la dégradation de l'environnement, en multipliant les nuisances environnementales qui se caractérisent essentiellement par une pollution visuelle et olfactive.

Dans les quartiers qui ne sont pas raccordés au réseau d'assainissement, les eaux sales et putrides sont déversées sur les routes, et entre les constructions.

La contamination localisée des eaux superficielles, et des nappes phréatiques par des bactéries pathogènes, et par des substances fermentescibles introduites dans les réseaux hydrologiques pose problème dans les quartiers où les carences en assainissement, ne font qu'aggraver l'hygiène environnementale.

Les risques de catastrophes liées aux inondations, aux glissements, à la contamination des eaux, et aux épidémies, comptent parmi les plus grandes préoccupations des populations qui vivent en contact permanent avec ces eaux qui menacent la santé des personnes les plus fragilisées : enfants et personnes âgées.

II-5- INSTALLATION D'UN NOUVEAU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT A CONSTANTINE : POUR QUI ? POURQUOI ?

Dans la ville de Constantine, la situation est critique dans le domaine de l'assainissement où les carences dans les collecteurs portent gravement atteinte à l'hygiène en milieu urbain. Un rejet en milieu naturel est un foyer de contagion et une menace imminente pour les habitants de la ville, et pour toutes les entités urbaines situées en aval : le cas du Rhumel et du Boumerzoug sont deux égouts naturels fortement pollués qui traversent la ville. Pour cette raison, il s'est avéré nécessaire de construire un système de canalisation des eaux usées composé de collecteurs primaires, secondaires et tertiaire, qui assurent à la fois la collecte, et l'évacuation vers la station d'épuration, où ces eaux usées seront déchargées de leur pollution.

Depuis l'indépendance de l'Algérie, la ville de Constantine s'est agrandie très rapidement voir sans contrôle, ce qui a généré de nombreux problèmes d'infrastructures. Le premier problème étant certainement celui de l'évacuation des eaux usées. Pour cette raison la ville a décidé de construire un système de canalisation avec l'assistance de l'État, et de la banque Mondiale. La volonté d'assainir de nombreux quartiers de la ville, où les déperditions des canalisations vétustes affectent gravement la stabilité des constructions exposées à des glissements, et effondrements, ont permis aux responsables de la ville de Constantine chargés de l'assainissement, et de l'alimentation en eau potable, de lancer les travaux du grand projet d'assainissement de la ville de Constantine bien avant les années 1990.

Ce projet de dimension régionale fixé pour l'horizon 2010, entre l'agence nationale de l'eau potable et industrielle, et de l'assainissement (ex A.G.E.P), et l'association d'entreprise RUDIS (Yougoslavie), en date du 25 Avril 1988, a permis:

- l'installation d'une station d'épuration et d'un nouveau réseau d'assainissement destiné à rassembler, et à relier aux collecteurs primaires et secondaires, l'ensemble des eaux usées, et une partie des eaux pluviales de l'agglomération de Constantine.

Comme Constantine s'étend sur un site assez large et accidenté, il était nécessaire de construire un système disséminé de collecteurs qui soient capable de raccorder au réseau d'égout les rejets sauvages qui polluent la ville, et ses environs, puis une station d'épuration, et des ouvrages de raccordement au réseau d'assainissement de la ville.

Sur le plan environnemental, le projet d'assainissement de l'agglomération de Constantine a pour rôle d'assainir les oueds transformés en égout par plus de 93 rejets sauvages qui déversent des milliers de tonnes de rejets liquides chargés de nombreux agents pathogènes. Ce projet d'envergure régional, a pour rôle de protéger les ressources en eau des effets de rejets d'eaux polluées, qui peuvent non seulement détériorer gravement l'environnement, mais aussi entraîner les risques de pénurie en eau potable, car les ressources en eau douce ne sont pas inépuisables.

Photo n°92 : **Ben Haroun, un ouvrage d'envergure régional**



Source : Auteur 2007

A l'échelle de la région, ce projet d'assainissement, et de traitement des eaux polluées de la ville, a pour rôle de protéger les populations des risques de contaminations, et de préserver les eaux du barrage de Beni Haroun de toute forme de pollution. Complémentairement à l'alimentation en eau potable des cinq wilayas de l'Est algérien, le barrage de Beni Haroun assurent l'irrigation des hautes plaines. (photo n° 92)

Les projets d'assainissement en cours de réalisation dans les communes du Khroub, du Hamma et de Ain S'mara, ont pour rôle d'assurer une meilleure hygiène dans ces

villes, et de protéger les eaux des oueds du Rhumel, et du Boumerzoug contre toute forme de pollution.

Le projet d'assainissement de Constantine, dont les études ont démarré au début des années 1980 assure donc, la collecte des eaux usées provenant des zones déjà urbanisées ou en cours d'urbanisation.

Pour la réalisation de ce projet, il a fallu évidemment installer une base de vie et d'une base technique. Dans cette base de vie, nous avons construit une vraie usine de tuyaux en béton armé et une centrale à béton. Cette usine qui est toujours opérationnelle depuis le démarrage des travaux avec l'entreprise RUDIS de Slovénie, a permis la fabrication de plusieurs milliers de tuyaux.

La base technique englobe aussi un atelier de réparation de camion, voiture et engins de travail, un dépôt de pièces détachées et plusieurs ateliers. A coté des bureaux de direction du projet de l'AGEP, nous pouvons également voir les bureaux de l'entrepreneur de RUDIS, avec un bureau d'étude et divers autres bureaux. Pendant toute la construction de la canalisation, la coordination de travaux entre les représentants de l'AGEP, et les entrepreneurs, a été assurée par des réunions de travail. Actuellement la wilaya de Constantine continue l'installation des réseaux secondaires et tertiaires, afin d'assurer l'hygiène et réduire la pollution en milieu urbain. L'AGEP est aujourd'hui transformée en office national d'assainissement ONA.

II-6- INSTALLATION DES CANALISATIONS DU GRAND PROJET D'ASSAINISSEMENT DANS UN SITE CONTRAIGNANT

L'installation d'un nouveau réseau d'assainissement, comme réponse à la grande peur des épidémies, et aux besoins nouveaux de la ville a pour rôle :

- de préserver les ressources hydriques des contaminations qui risquent de les rendre inutilisables,
- d'assainir de nombreux quartiers de la ville,
- de rassembler et de relier aux collecteurs primaires, secondaires et tertiaires, l'ensemble des eaux usées, et une partie des eaux pluviales de l'agglomération de Constantine.

A cause des particularités, et des difficultés du terrain, les travaux d'assainissement se sont déroulés simultanément sur plusieurs sections. Le travail a dû être très précis

pour assurer l'impeccable étanchéité des conduites, et pour empêcher l'échappement des eaux usées aux endroits de raccordement.

Dans la ville, les conduites traversent souvent les routes. Près des stations de bus et des taxis, il a fallu éviter les installations existantes, c'est pour cela que des tuyaux ont été posés dans des passages souterrains.

La pose de nouveaux collecteurs d'assainissement en milieu urbain pose beaucoup de problèmes, car il faut dévier la circulation ou rétrécir la largeur de la chaussée en installant des barrières de sécurité, ce qui n'est pas sans conséquence sur la fluidité de la circulation, et sur l'intensification de la pollution, et du bruit pour les riverains.

Les embouteillages et la circulation au ralenti augmentent le stress, et apportent plus de pollution. Les tuyaux d'échappement évacuent des gaz, des poussières, des particules et des fumées noires, qui rendent l'air de la ville irrespirable.

Pour surmonter les problèmes posés par la moindre différence de niveau ou de changements de sens, il a fallu l'installation de regards de révision. Tous les ouvrages de la conduite sont en béton armé. (photo n°93 et 94)

Photo n°93 : **Pose d'un collecteur avant de remettre le terrain en état**



Source : Auteur 2003

L'évacuation normale des eaux usées par émissaires, exige une certaine déclivité. Après la pose des conduites, le terrain a dû être bien compacté pour bien protéger les conduites enterrées, et pour restituer à la nature l'apparence d'origine qu'il avait avant l'intervention.

Photo n°94 : **Enrobage d'un collecteur par du béton armé**



Source : Auteur 2003

Les travaux de pose des collecteurs, se sont déroulés même pendant la nuit pour épargner le temps. A certains endroits, les conduites ont été bien renforcées par des supports additionnels en béton ou installées sur une couche de béton appelé le lit de pose. Lorsque la hauteur sous terre est réduite on enrobe les tuyaux dans le béton

Pour protéger les conduites contre tout glissement de terrain, cela a exigé de poser des gabions lourds sur les talus, et de fortifier par un enrochement les berges des oueds du Rhumel, et du Boumerzoug.

Pour franchir certains obstacles (rivière, route, terrain situé à des hauteurs différentes), cela a exigé une autre technologie, ce qui a rendu le travail plus difficile. Les travaux de pose ont dû être réalisés avec soin, et avec une très grande précision. Pour cette raison l'assemblage des tuyaux a été faite par des dispositifs de mesures électroniques au laser.

Comme le projet de construction prévoyait l'appui des conduites sur les ponts existants, et sur les autres ouvrages de communications, cela a exigé une surélévation des tuyaux en les accrochant par des supports à un même niveau. Les tuyaux légers sont faits d'acier et de fonte.

Les canalisations du réseau d'assainissement de Constantine sont parfois placées dans les falaises où elles sont accrochées par des colliers boulonnés avec ancrage, enterrées ou aérien en longeant les oueds et chabets. (Photo n°95 et 96)

Photo n° 95: **Collecteur aérien sur le lit du Rhumel**



Source : Auteur 2007

photo n° 96: **Collecteur accroché au pied d'une falaise**



Source : Auteur 2007

Pour assurer la protection des canalisations installées sur les berges ou dans les lits des oueds, cela a exigé des travaux de recouvrement par enrochement.

La protection des terres instables soumises au ravinement des oueds par enrochement, est une opération qui a l'avantage d'être déformante et réparable contrairement au radier qui peut être sous cavé. La protection par enrochement contribue à mieux consolider les berges, et à mieux protéger les collecteurs installés

dans les lits des oueds afin qu'ils puissent accomplir leur rôle de collecter, et d'acheminer les eaux usées vers la station d'épuration.

photo n°: 97 **Enrochement établi sur une partie de l'oued Rhumel**



Source : Auteur 2005

Sur le plan environnemental les berges fortifiées par enrochement contribuent à embellir les oueds, et à éliminer les rejets de produits solides : pneus, gravats, ordures ménagères, et remblais non stabilisé que l'on dépose à proximité des berges, et dans les lits des oueds. (Photo n° 97)

Pour assurer un déroulement continu des travaux lorsque les plans prévoient la pose des collecteurs dans les lits des oueds, cela a exigé des travaux supplémentaires qui consistaient à dévier par endroit les eaux des oueds et ce pour une période limitée.

Les conduites posées dans les lits de l'oued sont posées sur des fondations solides et enrobées dans du béton armé. Le treillis soudé couvre les tuyaux noyés dans le béton.

La disposition des collecteurs dans les lits des oueds, et chabets, expose les canalisations à l'érosion particulièrement en périodes pluviales où le charriage des matériaux est important, néanmoins les conditions du site imposent parfois une telle disposition.

Les difficultés du site, et la nécessité de faire traverser une conduite aérienne pour raccorder aux réseaux deux entités urbaines situées de part et d'autre de l'oued, a parfois exigé la mise en place dans le lit de l'oued d'une série de poteaux en béton sur lesquels reposent les tuyaux en béton armé ou en fonte.

Les collecteurs et les supports qui soutiennent ces canalisations aériennes qui traversent les oueds ou qui sont installées juste au voisinage immédiat des berges, subissent des dommages souvent difficiles à réparer lorsque les oueds débordent de leur lit.

Dans de nombreux quartiers où le phénomène de l'érosion et de l'éboulement est important, les canalisations d'assainissement subissent beaucoup de dommages. Les collecteurs se déboîtent, et les supports des émissaires s'arrachent de leur fondation. En plus de ces ruptures de collecteurs qui déversent les eaux noires qui polluent les oueds transformés en égout naturel (le cas du

collecteur **A** qui a cédé lors la crue de janvier 2003 juste aux environ du pont d'Aumale,) on peut aussi assister à des dommages telle : la destruction des protections des canalisations, arrachage de l'enrochement des berges, et la destruction de route, de mur de soutènement par ou de pont.

Sur la photo n° 98, on peut voir l'ampleur des dommages dans les canalisations, et dans les constructions menacées d'effondrement par le ravinement de l'oued. Les oueds en crue arrachent les terres instables qui ne peuvent plus assurer à ces constructions illicites de Bencherqui, la stabilité, et la longévité. C'est toute cette entité urbaine, et d'autres qui sont aujourd'hui exposées aux risques de glissement.

Photo n° 98 : **Collecteur endommagé, installé dans le lit de l'oued**



Source : Auteur 2003

Pour les traversées aériennes de hauteurs importantes, les canalisations sont généralement réalisées en fonte. Lorsque la hauteur des canalisations est inférieure ou égale à 2 mètres, les tuyaux sont réalisés en béton, et l'espacement des supports est fonction des longueurs des tuyaux.

Photo n°99 : **Une conduite aérienne en béton armé**



Source : Auteur 2005

L'installation d'une conduite aérienne dans un environnement naturel exige la création d'une voie large pour les engins, ce qui occasionne parfois un arrachage des arbres, et beaucoup de travaux de terrassement, pour la construction des ouvrages de génie civil : ponts et murs de soutènement. (photo n° 99)

Lors des travaux de mise en place des canalisations sous terre, les tranchées larges une fois réalisées, nous laissent découvrir l'existence une multiplicité de réseaux de conduites, de gaz, d'eau potable, de câbles d'électricité, de téléphone, ou d'assainissement, qui rendent difficile la pose de nouveaux collecteurs d'assainissement. Sur le tracé G, la conduite est tombée sur le gazoduc et l'oléoduc.

La pose des collecteurs de gros diamètre exige des tranchées larges et profondes, ce qui provoque des embouteillages et des réductions de vitesse. La rue fonctionne alors dans un seul sens. (Photo n°100)

Les tranchées une fois réalisées, nous laissent découvrir sous terre, une multiplicité de réseaux de conduites, qui compliquent la pose de nouveaux collecteurs d'assainissement. (photo n°101) L'inexistence de plans qui indiquent la position de chaque conduite souterraine, occasionne souvent des dommages à cette architecture souterraine qui alimente la ville en eau potable, en gaz, en électricité, et en réseau téléphonique.

En période hivernale les pluies intenses font arrêter les travaux, la pose peut prendre des retards de plusieurs semaines, et la route devient inaccessible. En période de printemps, et d'été la pollution de l'air augmente.

Photo n° 100 : **Ouverture d'une tranchée pour la pose des conduites**



Source : Auteur 2002

Photo n° 101 : **Imbrication de conduites souterraines**



Source : Auteur 2002

II-7- LES COLLECTEURS PRIMAIRES ET SECONDAIRES DU PROJET D'ASSAINISSEMENT DE CONSTANTINE

D'après les plans d'origine, le réseau d'assainissement de Constantine devrait comprendre plus de 60 kilomètres de conduites, et la construction d'un ouvrage spéciale nommé VORTEX pour surmonter la différence de niveau.

Le contrat 35/88 en date du 25 Avril 1988, passé entre l'Agence Nationale de l'Eau Potable et Industrielle et de l'Assainissement (A.G.E.P), et l'Association d'Entreprise. RUDIS (YUGOSLAVIE), prévoit 68,7 kilomètres de réseau de collecteurs primaire et secondaire, et 93 déversoirs d'orage pour assurer

la collecte des eaux polluées de la ville vers la station d'épuration du Hamma Bouziane.

Les collecteurs définis dans le projet d'assainissement de Constantine sont soit de type séparatif, soit de type unitaire. Les canalisations sont de type préfabriqué dans des moules vibrants avec cage d'armatures préfabriquées, joints à collet pour les diamètres de 300mm à 1600 mm, longueur unitaire de tuyau est de 2,50mètres, et joint à mi-épaisseur pour les canalisations de diamètre 2000 mm, longueur unitaire de tuyau 2 mètres. 95,7% des canalisations sont réalisées en béton préfabriqué, et 3,7% en fonte (canalisation aérienne).

Les collecteurs ou tronçons de collecteurs unitaires sont équipés en aval de déversoirs d'orages permettant de véhiculer dans le réseau d'assainissement primaire l'équivalent du débit de pointe d'eaux usées.

Quatre vingt treize déversoirs d'orages sont prévus pour le réseau d'assainissement de Constantine. Ce nombre important est dû au fait que les rejets unitaires actuels de la ville qui se déversent dans le milieu naturel; seront raccordés aux collecteurs qui les relient jusqu'à la station d'épuration.

Au sens de l'hydraulique, un déversoir est un orifice généralement de forme rectangulaire, établi sur le cours d'un écoulement à nappe libre pour mesurer les débits.

Ce dispositif conçu comme un grand réservoir intégré dans le réseau d'assainissement, a pour fonction essentielle en cas de crue, d'évacuer par les voies les plus directes, les eaux en excès dans le milieu naturel. Dans le dossier d'avant projet est prévu 68592 mètres de collecteurs dont: 33600 mètres de collecteurs primaires, 3793 mètres de collecteurs secondaires unitaires, et 31.199 mètres de collecteurs secondaires séparatifs.

Les ouvrages de dimension importante, vont assurer le transfert des eaux usées actuelles restituées aux oueds et chabets (oueds Boumerzoug, oued Kleb, oued Rhumel), vers la station d'épuration. Les collecteurs secondaires séparatifs, vont permettre de relier les zones urbanisées au réseau primaire. Les collecteurs secondaires assurent la collecte des 130 points de rejets existants.

II-8- DES COLLECTEURS D'ASSAINISSEMENT QUI RELIENT TOUS LES QUARTIERS DE LA VILLE

La construction des collecteurs primaire a duré plusieurs années. Pour l'entreprise RUDIS, il a fallu excaver autour de 600.000 m³ de terre, et posé environ 7000 tuyaux en béton, et quelques centaines de mètres en tuyaux spéciaux d'acier et de fonte. Les premiers collecteurs installés par l'entreprise Yougoslave RUDIS de Slovénie sont les collecteurs G et D complet, puis les collecteurs F et E.

II-8-1- Le collecteur A

Le collecteur A est celui qui démarre du pont Noir, traverse la route d'El Ménia sur 30mètres pour être posé dans le lit de l'Oued El Mellah sur environ 500 mètres. Ce collecteur réalisé en tubes de béton de diamètre 1000, 800 et 600 mm traverse encore une fois la route d'El Ménia, pour enfin atteindre la cité El Bir sur l'autre rive de la route juste derrière la station de pompage. Ce collecteur est en partie enterré dans le lit de l'oued, et en partie aérienne sur toute la zone qui le relie à la station de pompage. Juste avant de traverser la route d'El Ménia pour être relié derrière la station de pompage, un collecteur secondaire A₃ lui est raccordé. Le collecteur A₃ collecte toutes les eaux usées de la zone de Smiha (entité urbaine d'une partie de Saint Jean, cimetière, etc.). Le collecteur **A**, a été endommagé lors la crue de janvier juste aux environ du pont d'Aumale.

II-8-2- Le collecteur B

Le collecteur B démarre du regard 24 du collecteur A jusqu'à la cité Zaouch en passant derrière les baraques de SOTRACO exposées aux effets de glissement pour cause de saturation du sol de fondation en eaux usées non canalisées, qui se sont infiltrées pendant plusieurs années, et qui aujourd'hui sous l'effet du poids des constructions qui se sont mises en place, provoquent l'altération des roches, et la mobilité des sols. Le collecteur B traverse le lit de l'Oued el Mellah.

II-8-3- Le collecteur D

Le collecteur D démarre du pont d'Aumale pour arriver au voisinage du pont des chutes et du puits vortex. Le collecteur D collecte les eaux usées de la ville qui sont canalisées dans une galerie existante dans le rocher de Constantine.

II-8-4- Le collecteur E Nord

Le collecteur E Nord démarre du point de jonction de Oued Rhumel, et Oued Boumerzoug appelé communément " Mjaz Laghnam", et se termine aux alentours de la station Naftal du stade du 17 juin au lieu dit « Ain Boutambal ». De là prend naissance un nouveau réseau de type secondaire pour arriver jusqu'à l'échangeur situé au voisinage de la gare de triage de Sidi Mabrouk.

De Mjaz Laghnam démarre aussi un autre réseau primaire le D Nord prolongé qui longe la rue de Roumanie à la nationale n°3 le long du boulevard Zaamouche situé à proximité de la gare ferroviaire. Ce collecteur traverse ensuite la voie de chemin de fer, longe la rue Belnadjet en direction du siège de la Sonelgaz nouvellement construite.

Le collecteur E Nord est destiné pour capter une galerie des eaux usées où se déversent les eaux provenant du faubourg Lamy (Emir Abdelkader), de l'hôpital, et des autres entités urbaines situées à proximité) . Nous faisons remarquer que l'opération de raccordement du rejet situé à la galerie souterraine construite en maçonnerie à l'époque coloniale avec le collecteur D nord est achevée en mars 2003.

II-8-5- Le collecteur F

Le collecteur F c'est le tronçon qui relie Djenane Zitoune aux installations industrielles de l'unité Palma S.N.V.I. Sur ce collecteur est raccordé le terminal F (réseau secondaire avec antennes) qui démarre de la S.N.V.I, jusqu'à L'A.N.E.P situé sur la route nationale n°5 en face de la station Naftal de la cité Boussouf. Sur ce réseau furent raccordés deux collecteurs non prévu par les études préliminaires des années 1980. Il s'agit du collecteur Mrahoul et Mrahoul prolongé, qui relie une partie de la Z.H.U.N de Boussouf à la station Naftal.

Une partie du collecteur F est réalisé par RUDIS. Ce tronçon s'étale du pont du diable jusqu'au point d'intersection du collecteur F, et du collecteur Esud dans le lieu dit Mdzaz Laghnam intersection de oued Rhumel et oued Boumerzoug. La longueur du collecteur primaire F répartie en tuyaux de béton armé de diamètre 400_{mm}, 600_{mm} et 800_{mm}, est respectivement égale à 669,02m ; 645,85m et 3120,91m soit un total de 4465,78 mètres. (longueur qui s'étale du regard RF.1 PK :00,00 au regard RF.82 PK : 4465,78)

Le nombre de regards prévus sur cette conduite est de 81. Le tracé a été modifié à cause des constructions qui ont occupé le site prévu pour contenir la canalisation, et pour cause de remblai de hauteur importante. Le collecteur primaire F traverse l'oued Rhumel en 3 endroits. Après être resté dans la rive de l'A.P.D jusqu'au regard RF.30.BIS (PK :1466,66), le collecteur primaire F traverse l'oued rhumel, et passe dans l'autre rive jusqu'au regard RF. 69 BIS (PK :4273,80). Il traverse encore l'oued Rhumel pour passer dans l'autre rive, et y rester au niveau du regard RF.82. C'est le meilleur tracé possible qui a permis d'éviter tous les obstacles existants.

II-8-6- Le collecteur G

Le collecteur G de diamètre 2000mm réalisé par le groupement RUDIS, est le premier collecteur réalisé dans le cadre du projet d'assainissement de Constantine. Ce collecteur démarre du pont d'Aumale situé sur la route d'El Ménia.

Photo n°102 : Le collecteur G et le pont d'Aumale

Photo n°103 : Le collecteur G qui longe la route de Mila



Source : Auteur 2007



Source : Auteur 2007

Le collecteur G, est destiné à recevoir l'ensemble des eaux usées de la ville qui seront transportées vers la station d'épuration pour être épurées, avant de s'écouler ensuite dans le Rhumel.

Localisé dans le prolongement de oued Rhumel, il traverse les champs de maraîchage, arrive jusqu'au pont Noir, où le collecteur repose sur son tablier. Les tuyaux en acier sont posés sur des socles en béton et attachés par des sangles en

acier pour empêcher tous risques de soulèvement en procédant à la mise en place d'un joint de dilatation.

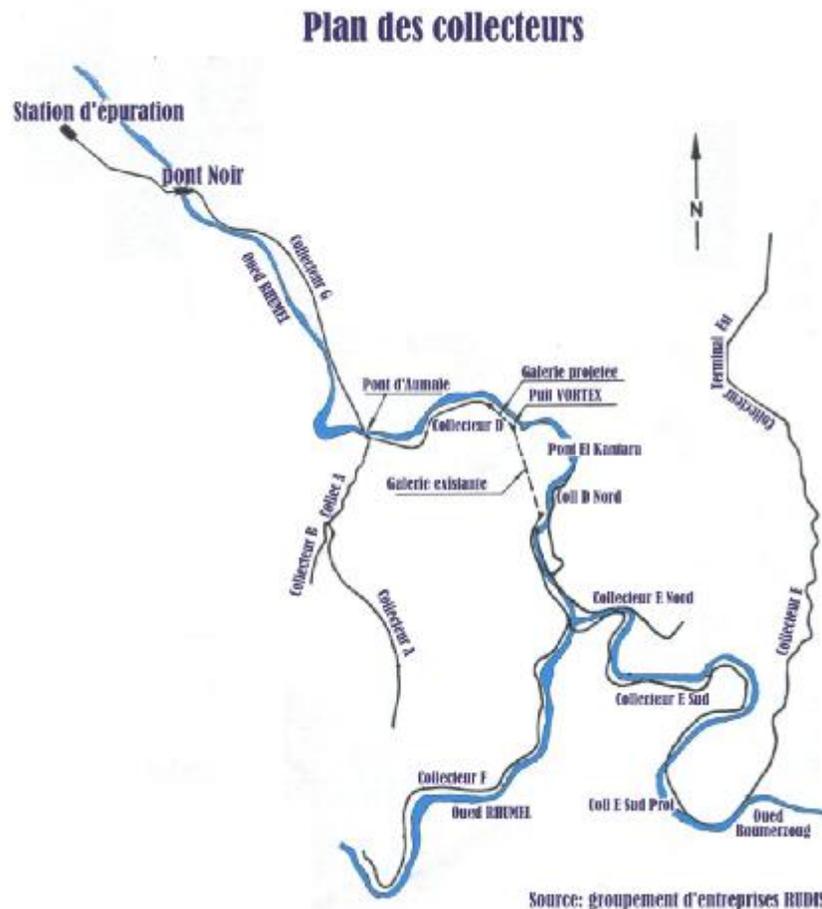
Du pont Noir jusqu'à la station d'épuration la conduite est enterrée pour aboutir au dégrilleur.

Sur ce collecteur fut raccordé le collecteur secondaire Ziad (non prévu dans les études préliminaire APD) qui collecte toutes les eaux de la ZHUN de Békira. Entre le collecteur Ziad, et le pont noir est prévu un autre collecteur en cours de réalisation qui collecte les eaux du Hamma, et une partie de Didouche Mourad. Ce collecteur fût réalisé par groupement général travaux hydraulique en 1997 (GTH), sur la route de Mila.

II-8-7- Le collecteur E SUD

Ce collecteur démarre de Mdzag Lagnam jusqu'au pont de la cité bessif, ce collecteur suit le tracé de l'oued.

Fig. n°11 : Plan des collecteurs à Constantine



II-9- LE PUIVS VORTEX : UN OUVRAGE D'ASSAINISSEMENT CLASSÉ PREMIER, PARMIS LES SEPT AUTRES CONSTRUITS DANS LE MONDE

La construction d'un ouvrage d'assainissement exceptionnel nommé puits VORTEX, a exigé des travaux par des spécialistes Yougoslaves. (Photo n°104 et 105) Avant le début des travaux, des géologues ont prélevé des échantillons de sol par des sondages sur un tracé particulier, et ils les ont analysés pour faciliter le choix de la technologie des travaux. Les travaux dans la roche ont été extrêmement exigeants, là, il a fallu forer dans la roche. Pour assurer l'évacuation des eaux usées d'une partie du Rocher cela a exigé à la fois la construction d'une galerie horizontale, et d'un puits vertical appelé le VORTEX, à l'intérieur de ce Rocher magnifique, en utilisant une technologie minière. Le début de la construction du puits vertical a été vraiment spectaculaire, car il a fallu élever les machines, et les équipements nécessaires sur un site difficilement accessible (précipice aux parois verticales). Le travail dans le Vortex était fatiguant, et pénible surtout à cause de grande différence de niveau (120 mètres), de la friabilité des parois, et de l'humidité posée par l'éruption de l'eau chaude dans la galerie horizontale. Au fond dans le Rocher, la conduite sort de la terre, en passant par la galerie horizontale et continue sous le remblai. Sur les sept autres puits VORTEX similaires construits dans le monde, celui de Constantine est le plus grand (puits de 120 mètres de profondeur).

Photo n° 104: Le puits Vortex



Source : Auteur 2007

Photo n° 105 : Le site du puits Vortex



Source : Auteur 2007

Les travaux sur la galerie horizontale ont assez bien progressé, malgré la dureté variable de la roche. La seule chose qui a gêné l'avancement rapide des travaux, c'était les brusques éruptions des eaux. Les difficultés inattendues n'ont pas manqué. Les équipes chargées de creuser dans la roche sont tombées sur quelques cavernes souterraines pleines d'eau, formant un lac souterrain.

II-10- LES MODIFICATIONS DU TRACÉ DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT DE CONSTANTINE

Les contraintes du site et l'urbanisation anarchique, ont fortement contribué à la modification du tracé tel que prévu dans les études des années 1980. Les constructions illicites en dur, et de type bidonvilles, implantées sur les sites prévus pour contenir les canalisations des eaux polluées d'origine domestique, ont fortement ralenti l'avancement des travaux, ce qui a obligé les entreprises chargées de l'installation du réseau à contourner ces constructions. Cette situation a engendré donc des surcoûts, et des retards dans les délais prévus pour l'achèvement du réseau d'assainissement.

Les nombreux rejets de terre, et gravats dans de nombreux quartiers implantés à la périphérie de la ville, sur des sites prévus pour contenir les canalisations, ont rendu difficile l'installation des collecteurs telle que prévue dans le projet d'assainissement de la ville. Tout cela, a exigé des travaux supplémentaires d'assainissement (nouveaux collecteurs secondaires non prévus dans les études préliminaires), et un changement du tracé pour assurer la connexion d'une partie de ces constructions illicites à l'égout de la ville.

La présence de remblais sur des hauteurs importantes, l'installation des conduites de gaz, d'eau potable, de câbles électriques alimentant la ville, et la traversée de gazoduc aux endroits prévus pour contenir les canalisations d'eaux usées, comptent parmi les principales causes qui ont fait modifier le tracé tel que prévu dans les études de 1980.

La non réalisation d'un collecteur en aval du pont d'El Kantara pour assurer le transport des eaux usées de la rive gauche du Rhumel, a entraîné un changement du tracé, afin d'éviter tout risque de rupture et de stabilité du pont d'El Kantara en faisant suspendre à son tablier une canalisation en acier de 400 mm de diamètre.

II-11- LA STATION D'EPURATION DE CONSTANTINE

La réalisation d'une station d'épuration que l'on définit souvent comme étant une usine de dépollution des eaux usées, avant leur rejet dans le milieu naturel, (en général dans une rivière), est aujourd'hui une exigence sanitaire et environnementale dans toutes les villes algériennes. On notera que si l'objectif de la station est à la fois de préserver l'eau potable et l'environnement, et d'augmenter le volume des eaux épurées pour mieux préserver les eaux souterraines et celles des nappes

phréatiques, pour le cas de Constantine l'installation d'une station d'épuration préserve aussi les eaux du barrage de Beni Haroun, et diminue la pollution des oueds qui assurent l'alimentation en eau pour irriguer les terres agricoles.

L'épuration des eaux usées restituées par la ville de Constantine par le biais de la station d'épuration est devenue après les années 1990 nécessaire compte tenu du volume considérable des rejets, et surtout en raison du projet de construction en aval du barrage de Beni Haroun.

L'objectif de l'épuration des rejets est défini par l'objectif de qualité que l'on choisit pour les cours d'eau. Elles sont exprimées notamment par des valeurs de paramètres physico-chimiques qui ne doivent pas dépasser l'eau du milieu considéré.

Purifier, c'est: "débarrasser des impuretés". Quand on parle d'épuration des eaux usées urbaines des égouts publics, où sont déversées les eaux usées domestiques, et les eaux usées industrielles prétraitées conformément aux autorisations délivrées aux entreprises, il est question de retirer de ces eaux chargées, le plus de déchets, de germes pathogènes, et de virus, avant de les évacuer dans le milieu naturel ou de les réutiliser dans l'irrigation.

Épurer les eaux usées, c'est plutôt les purifier afin que leur incidence sur la qualité choisie pour l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible.

II-11-1- Site et situation de la station d'épuration de Constantine

L'étude de la station d'épuration a débuté en 1987 suite à la visite de Mr N.C OXLEY qui s'est rendu sur le site proposé à Ibn Ziad, sur un terrain de 29 hectares qui se trouve sur la rive gauche de l'oued Rhumel qui s'écoule vers le nord à environ 0,5 km à l'Est du site. (Photo n°106)

Photo n°106: **Site de la station d'épuration de Constantine**



Source : Auteur 2007

Le terrain de la station d'épuration est globalement plat. Il est situé à environ 10 kilomètres au Nord Ouest de Constantine, et à 3 km à l'Ouest de Hama Bouziane, sur le chemin de wilaya n°2 reliant la ville de Mila à Constantine.

II-11-2- Une usine de dépollution des eaux usées : une rentabilité réduite

La station d'épuration de Constantine est composée d'un bassin d'aération de forme rectangulaire de 185m de longueur et de 65m de largeur, de 08 décanteurs de forme cylindrique équipés de racleurs, de 02 épaisseurs de boue, et d'un lit d'assèchement. Les travaux de construction de cette usine ont démarré en janvier 1990, et ont été confié à l'entreprise nationale d'hydrotechnique.

Cette usine de traitement des eaux usées est conçue pour recevoir en moyenne 69.120 m³/j au cours de la première phase soit 800l/s. Sur les 800l/s qui se déverseraient vers l'oued Rhumel, 300l/s seront chlorés et véhiculés dans les conduites vers les zones d'irrigation. La station d'épuration sera agrandie au cours de la deuxième phase pour doubler sa capacité de 138.240 m³/j soit 1600l/s, et à sa dernière phase, l'écoulement de pointe sera de 2400l/s.

Mise en service en 1996, la filière d'épuration utilisée par la station d'épuration de Constantine, est celle des boues activées qui met en œuvre les phénomènes d'oxydation naturels. L'effluent subit d'abord dans cet ouvrage d'assainissement, un traitement physique qui permet d'éliminer les corps les plus gros (dégrillage), les plus légers (dégraissage), les sables (dessablage), les matières décantables (ouvrage de décantation).

Les eaux ainsi « allégées » subissent ensuite un traitement biologique. Admises dans un bassin d'aération, ces eaux sont brassées par de puissantes turbines qui permettent de fournir de l'oxygène aux bactéries présentes dans l'effluent. Ces micro-organismes vivants « mangent » littéralement la pollution qui est transformée en un floc biologique (appelé boue) qui sera ensuite décanté et séparé de l'eau. Ces boues, épaissies puis asséchées, seront revalorisées en agriculture.

Environ 90% de la pollution qui entre dans la station est retenue dans les ouvrages, l'eau épurée, contient ainsi une pollution assez faible pour pouvoir être rejetée, et traitée par le milieu naturel. Le but de l'épuration est ainsi accompli.

Aujourd'hui, dans la station d'épuration, les eaux épurées, débarrassées de la pollution sont directement transportées dans des collecteurs, puis rejetées dans l'oued Rhumel, où de nombreux rejets d'eaux usées continuent d'être déversés dans l'ensemble des Oueds et Chabets qui sillonnent l'agglomération de Constantine.

Plutôt que d'irriguer les terres agricoles, ou d'être stockées pour constituer des réserves, la population, n'arrive pas à comprendre pourquoi tant de dépense pour assainir cette eau qui finit sa trajectoire dans le lit des oueds. En attendant la

réalisation des bassins pour le stockage des eaux épurées, et de leur réutilisation dans le secteur de l'agriculture, du nettoyage des routes, de l'arrosage des jardins et des parcs, les responsables chargés de l'hydraulique, et de la protection de l'environnement, sont tenus de préparer les études dans l'attente de projet, pour la réutilisation des eaux usées.

II-11-3- Comment fonctionne la station d'épuration

Les eaux usées rejetées par les utilisateurs, sont collectées par le réseau d'assainissement de l'agglomération, puis acheminées vers la station d'épuration. Dans la station d'épuration, ces eaux devront être traitées, et subir plusieurs phases de traitement pour les débarrasser de leur charge en polluants. Le but de ces différents traitements, est de diminuer suffisamment la quantité de substances polluantes contenues dans ces eaux usées, d'origine domestique (eaux ménagères, et eaux vannes), ou d'origine commerciales et industrielles, avant de les rejeter dans le milieu naturel.

La dépollution des eaux usées acheminées vers une station d'épuration nécessite donc, une succession d'étapes faisant appel à des traitements physiques, physico-chimiques et biologiques, afin que l'eau rejetée dans le milieu naturel, ne dégrade les ressources en eau, et l'environnement.

II-11-4- Opérations que subissent les eaux usées restituées dans la station d'épuration de Constantine

Dans la station d'épuration de Constantine, les eaux usées urbaines sont généralement soumises à un prétraitement de:

- Dégrillage qui permet l'élimination des matières flottantes grossières,
- Dessablage qui a pour fonction de retenir les sables entraînés avec l'eau. La décantation se distingue du dessablage en ce sens qu'elle enlève plus de la moitié des matières en suspension, alors que le dessablage ne vise que l'élimination du sable, et des autres matières minérales plus lourdes que les matières organiques.
- Déshuilage et dégraissage qui a pour fonction de retenir les graisses et les huiles rejetées. Le déshuilage, et le dégraissage se rapportent à l'extraction de toutes les matières flottantes d'une densité inférieure à celle de l'eau.

Les huiles et graisses, lorsqu'elles ne sont pas émulsionnées; sont séparées sous forme de boues flottantes dans des ouvrages comportant une zone d'aération où les bulles d'air augmentent la vitesse de montée des particules grasses et une zone de tranquillisation où s'effectue la récupération.

Le temps de séjour dans ce type d'ouvrage est de 5 à 12 min. Le débit d'air insufflé est de l'ordre de 0,2 m³ par mètre cube d'eau et par heure.

Le plus souvent, les fonctions de dessablage, et de déshuilage sont combinées dans un même ouvrage qui met en œuvre les principes de fonctionnement cités précédemment.

La deuxième étape est un traitement biologique qui consiste à éliminer l'azote contenue dans l'urée, et les matières organiques consommatrices d'oxygène grâce aux bactéries. Ces eaux passent ensuite dans les bassins d'oxygénation où les bactéries détruisent la pollution contenue dans ces eaux.

Après ce traitement biologique, ces eaux usées passent dans des décanteurs où se produit la décantation pour enfin passer dans des épaisseurs de boues où cette dernière sera déposée dans les lits de séchage.

Aujourd'hui, les eaux épurées de la station d'épuration de Constantine sont directement véhiculées vers Oued Rhumel où de nombreux rejets d'eaux usées continuent à se déverser dans l'ensemble des Oueds et Chabets.

II-11-5- Le déficit en eaux restituées à la station d'épuration : conséquences et pollution

Depuis 1997, soit une année environ après sa mise en service, la station d'épuration créée pour collecter et épurer les eaux usées de la ville, pour assainir les oueds et irriguer une partie des terres agricoles, n'atteint même pas un écoulement de 300/s pour causes de non achèvement du réseau d'assainissement, et pour raison des nombreuses fuites au niveau des canalisations et manque d'entretien.

Les canalisations et regards obstrués par les boues, et les rejets d'ordures, ne laissent pas les eaux usées couler dans ces collecteurs qui alimentent la station d'épuration. Les eaux noires débordent alors de ces bouches de regards de visites à qui l'on a enlevé les couvercles de fonte que l'on casse et que l'on vend auprès de certains particuliers pour être ensuite transformés.

Le déficit en eau usée dans la station d'épuration a pour cause, la vétusté du réseau. Les nombreuses fuites dans les canalisations aggravent la pollution et la dégradation des constructions, des routes et des ouvrages de génie civil.

Le branchement sauvage pratiqué par certains agriculteurs qui puisent à partir des regards d'assainissement pour irriguer les terres agricoles, augmente le déficit des eaux restituées à la station. L'irrigation se fait parfois en puisant directement des collecteurs ou alors en construisant des retenues d'eau usées qui stagnent et qui polluent l'environnement. Aujourd'hui, après plus d'une dizaine d'année de sa mise en service, les eaux traitées à la station sont au environ de 600l/s, soit la moitié de ce qui est prévu.

Les vides sanitaires des habitations collectives de toutes les Z.H.U.N à Constantine se remplissent par les eaux usées qui stagnent, et le non raccordement au réseau d'assainissement de la ville de ces nombreuses zones d'habitations et unités de production, augmente le déficit en eaux usées dans la station d'épuration et aggrave la dégradation du cadre de vie. Les populations des habitations collectives et des habitations installées sur le bord des oueds subissent les effets de la stagnation des eaux usées considérée à la fois comme lieu de production des moustiques, et source de pollution et de nuisance. Tout cela, affecte la santé des populations.

Conclusion

L'assainissement est fortement lié à la santé publique en raison des nombreuses maladies liées à un milieu malsain. La pollution par les eaux usées peut perturber la production d'eau potable, et en augmenter considérablement le prix de revient, c'est pourquoi aujourd'hui, beaucoup de gens prennent conscience de l'importance de l'assainissement en tant qu'action qui assure l'hygiène environnementale, et en tant qu'élément important dans la lutte contre la contamination de cette ressource "eau" qui n'est pas inépuisable.

Les carences dans les infrastructures d'assainissement, et alimentation en eau potable à Constantine, se sont généralisées dans tous les quartiers défavorisés installés sur des terrains pentus, sur les fonds de vallées, sur les berges des oueds, et au niveau de nombreux quartiers nouvellement construits sur des terres agricoles, souvent impropres à la construction.

La multiplication des rejets d'eaux usées, la transformation des oueds en égouts, les carences dans le raccordement des nouvelles constructions au réseau de la ville,

sont autant de désordres qui ont généré la dégradation de l'environnement, et amplifié la pollution à l'échelle de toute la ville.

Les nombreux rejets de terre et gravats sur des sites prévu pour contenir les canalisations, et les nombreuses contraintes du site de la ville de Constantine ont rendu difficile l'installation des collecteurs telle que prévue dans le projet d'assainissement de la ville.

Les carences dans le système de drainage des eaux pluviales, la vétusté du réseau, la multiplication des rejets depuis de longues dates, et enfin l'écoulement permanent des eaux et leur infiltration en profondeur dans les sols urbanisés, engendrent souvent des mouvements de terre, accélèrent le phénomène d'érosion, agressent l'environnement, transforment en égout les milieux naturels, menacent de dégradation de nombreux paysages, transforment de nombreux quartiers en zones inondables, et aggravent le phénomène de glissement dans toute la ville de Constantine. A cela, il faudrait rajouter encore, l'insuffisance du couvert végétal, et le manque de plantations d'arbres sur les sites nus et pentus exposés à l'érosion et aux glissements.

La protection contre l'intrusion de matières indésirables, la réparation des dommages dans les ouvrages d'assainissement, le changement des collecteurs corrodés, endommagés, ou qui n'assurent plus leur fonction, la fortification des berges, sont autant d'opérations qui peuvent contribuer à augmenter le volume d'eau à traiter par la station d'épuration, et à améliorer les conditions d'hygiène, et sanitaire à Constantine.

Ainsi, le déficit en eau potable, les carences en assainissement, la prolifération de nombreuses entités informelles dans la ville, et dans sa périphérie, et enfin l'urbanisation des sites non prévu dans les plans pour être urbanisés, compliquent encore plus, le problème de l'intensification de la pollution, et des nuisances à l'échelle du Grand Constantine.

Dans les perspectives d'avenir, beaucoup d'efforts sont à faire pour répondre aux exigences environnementales, et de santé publique. La collecte, l'évacuation, le traitement, et la réutilisation des eaux usées, méritent une attention particulière, afin de préserver les sites et les milieux naturels.

CHAPITRE III : DES DÉCHARGES FUMANTES QUI TRANSFORMENT LES MILIEUX NATURELS EN POUBELLES

Introduction

Les insuffisances enregistrées dans la gestion¹⁰⁵ des déchets solides, ont des conséquences graves sur la santé des personnes vivant à proximité, et des personnes vivant de la récupération des déchets.

Les déchets non collectés et non traités polluent l'air, et les eaux souterraines, créent des obstacles dans les réseaux d'assainissement qui n'assurent plus leur rôle d'évacuation rapide des eaux. Les rejets solides aggravent les nuisances, augmentent les émanations des odeurs putrides, et intensifient la pollution visuelle, et olfactive.

Le rejet des déchets solides dans la nature se fait de plus en plus important, et la prolifération des décharges sauvages ne fait qu'aggraver encore plus la pollution. A Constantine, les sites et les paysages sont dénaturés, et les milieux naturels se dégradent de plus en plus. Les espaces, où sont déposés les ordures se transforment en lieu de reproduction de moustiques, d'animaux, et de surmulots vecteurs de nombreuses maladies.

Les ordures évacuées directement des maisons (malpropres, et mal entretenues), salissent les rues et les ruelles étroites et sinueuses, des quartiers insalubres, mais aussi les parois en pentes raides des collines où sont installées les habitations illicites, et précaires. Les gorges du Rhumel sont en partie envahies par les rejets domestiques qui attirent plus de corbeaux, et de surmulots (gros rat parfois porteur de maladies), qui trouvent sur ces escarpements rocheux envahis par une végétation sauvage, un environnement favorable à leur développement.

L'altération de l'environnement, par le rejet dans la nature de milliers de tonnes d'ordures qui envahissent les bordures de routes et les endroits de proximités des quartiers où le ramassage des ordures est difficile, a augmenté les nuisances qui portent atteinte à la qualité de la vie.

¹⁰⁵Dès les années 1970, au moment du premier choc pétrolier, les pouvoirs publics en Europe et partout ailleurs (collecte, transport jusqu'à dans le monde, ont commencé à définir une véritable politique de gestion des déchets un site qui répond aux exigences d'une décharge, récupération et valorisation des déchets et des matières premières qu'ils contiennent, traitement des déchets non valorisables de manière sûre pour l'environnement, etc.)

III-1- LES DÉCHETS SOLIDES

Les déchets solides, sont source majeure de pollution. Brûlés ou mis en dépôt sauvage, ils constituent une nuisance pour l'environnement, et un gaspillage de matière organique fort utile pour l'amendement des sols. La masse des déchets solides est colossale¹⁰⁶. Les résidus de végétaux de toute nature qui proviennent de l'entretien des arbres, des espaces verts publics, des terrains de sports, etc., représentent un volume très important. Se concentrant sur de faibles surfaces, les déchets solides posent, par leurs volumes considérables de sérieux problèmes de protection de l'environnement. Plus volumineux, mais aussi plus riches en matériaux imputrescibles, et parfois toxiques¹⁰⁷ (plastique, verre, métaux), les déchets de l'homme développé posent pour ces deux raisons des problèmes d'élimination bien plus aigus que ceux de l'homme du tiers monde.

Un Français produit en moyenne 327 kg par an de déchets, soit à peu près autant que le Britannique (355 kg), l'Allemand de l'Ouest (318 kg), le Suédois (317 kg) et le Japonais (344 kg), mais beaucoup moins que le Hollandais (449 kg), le Canadien (635 kg) et surtout l'Américain (744 kg), roi de la société de consommation et champion du gaspillage. En comparaison, les Espagnols (275 kg) et les Italiens (263 kg) sont beaucoup plus «raisonnables », Quant aux pays sous-développés, les chiffres précis manquent, mais leur production d'ordures ménagères est de toute façon inférieure dans la plupart des cas à 100 kg/habitant/an.

III-1-1- Définition du déchet

Si le déchet est habituellement défini comme un résidu abandonné par son propriétaire car inutilisable, sale ou encombrant, le déchet a, au regard de l'environnement, une définition juridique. En France, la loi du 15 juillet 1975, portant

¹⁰⁶ La France produit chaque année environ 600 millions de tonnes de déchets qui se répartissent en résidus urbains (40 millions de tonnes), en déchets industriels (150 millions de tonnes) et en déchets produits ou recyclés dans l'agriculture et les industries agro-alimentaires (400 millions de tonnes). Les déchets solides de l'agriculture américaine excédaient 1,4 milliard de tonnes par an à la fin des années 1980. En 1993, la production de déchets solides non agricoles s'élevait à 1,2 milliard de tonnes par an, dont 220 millions de tonnes d'ordures ménagères. à la fin des années 1980, les déchets dangereux produits par les industries américaines étaient de l'ordre de 275 millions de tonnes par an. (O.C.D.E., 1991) [26]

¹⁰⁷ Les déchets ménagers sont assez riches en produits contenant du chlore (PVC notamment) pour émettre en brûlant des dioxines et furanes en quantité importantes (environ 10 fois plus qu'un feu de broussaille ou de sous-bois forestier de bord de mer. (INERIS/ADEME, 2003) [27]. Le chlore qui arrive à la stratosphère détruit l'ozone qui nous protège des UV. Un seul chlore suffit pour détruire deux molécules d'ozone. $\text{ClO} + \text{O}_3 \rightarrow \text{Cl} + 2\text{O}_2$

Code de l'environnement, article L541-1 considère comme déchet "*tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon*".

Les déchets produisent des effets nocifs sur le sol, la flore et la faune, dégradent les sites et les paysages, polluent l'air et les eaux, et engendrent des odeurs, et d'une façon générale, ils portent atteinte à la santé de l'homme et à l'environnement. Tout producteur ou détenteur de déchets doit en assurer l'élimination dans des conditions propres à éviter les effets précités : opérations de collecte, transport, stockage, tri et traitement nécessaires à la récupération.

On peut distinguer des déchets domestiques (ordures ménagères), agricoles (fumiers, lisier...), industriels, et les déchets hospitaliers. Les deux premières catégories sont essentiellement constituées de matières organiques, donc biodégradables.

Les déchets des industries minières, métallurgiques, chimiques et nucléaires renferment des résidus intrinsèquement non biodégradables, voire inaltérables, et des substances dont la toxicité est importante. Certains composés présentent même la particularité d'être à la fois peu ou pas dégradables, et extrêmement toxiques (les dioxines). Les déchets peuvent être classés en quatre catégories :

III-1-1-1- les déchets biodégradables ou compostables

Les résidus verts, les boues d'épuration, et les restes alimentaires sont des déchets qui peuvent être détruits naturellement, en général par les bactéries, champignons et autres micro-organismes et/ou par des réactions chimiques (oxydation, minéralisation).

III-1-1-2- Les déchets recyclables

Ces matériaux peuvent être réutilisés dans d'autres domaines tels quels ou recyclés.

III-1-1-3- Les déchets ultimes

La loi du 13 juillet 1992 définit les déchets ultimes comme déchet "*qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux*". Les déchets ultimes ou "les déchets des déchets"

tel le mâchefer et les cendres issus des usines d'incinération, *ne sont plus susceptibles d'être traités*, et par conséquent ils devraient être stockés dans des installations spécifiques sans risque pour l'environnement, ou pouvoir être mis en décharge, après les avoir transformé en produits inertes pour les plus dangereux..

III-1-1-4- Les déchets spéciaux et déchets industriels spéciaux

Ce sont des déchets dangereux, dont font partie les déchets toxiques et les déchets radioactifs qui doivent faire l'objet d'un traitement tout à fait particulier en raison de leur nocivité particulière liée à la radioactivité.

III-1-2- Comment se débarrasser des déchets?

Le monde croule sous ses déchets encombrants, sales, et polluants. Ils sont un des problèmes écologiques majeurs de notre siècle. Les ordures ménagères sont le problème de tout le monde, tant au plan de leur production que de leur élimination. Les décharges d'ordures ménagères occupent de vastes surfaces qui reçoivent des tonnes d'objets volants, cartons et plastiques.

Chaque fois que le vent souffle la situation devient déplorable avec la propagation des odeurs, et des fumées qui couvrent le ciel. La solution pratiquée dans beaucoup de pays a été alors l'incinération, qui demande un effort d'équipement considérable, et une maîtrise de l'exploitation avec toutefois un problème de taille qui est celui de l'élimination des déchets industriels ou de leur stockage notamment les déchets lourds et radioactifs.

La deuxième solution a été la construction d'usines destinées à traiter, et à valoriser tous les déchets par les meilleurs procédés possibles, pour éviter de les mettre en décharges, ou de les stocker même après avoir extrait la part valorisable ou que leur toxicité a été neutralisée au maximum.

L'élimination des déchets est réalisée au moyen d'incinération avec récupération d'énergie¹⁰⁸ pour le chauffage ou l'électricité, par compostage avec production d'engrais organiques destinés à l'agriculture, par des incinérateurs simples sans récupération d'énergie, ou simplement abandonné dans des décharges.

¹⁰⁸ Les Transformateurs calculent qu'une tonne d'ordures ménagères correspond en moyenne à 120 litres de fuel ou 200 kg de charbon.

Les statistiques montrent que, de 1962 à 1984, la part des matières organiques dans les ordures ménagères de Paris a chuté de 26 à 16 %, celle des éléments fins (cendres) de 27 à 9,5 %, tandis que les métaux et chiffons restaient à peu près stables, entre 3 et 4,5 %, chacun. Les verres et plastiques ont grimpé dans le même temps de 5 à 19,5 % et les papiers et cartons de 25 à 42 %. Le phénomène est comparable à l'échelon des autres pays développés. L'élévation du niveau de vie, mais aussi l'évolution des modes de consommation et l'utilisation croissante d'emballages en papier, carton, verre, plastique, etc., expliquent cette évolution.

Une étude réalisée en 1932 par la Banque mondiale dans les différentes villes du monde, montre clairement que le degré de développement des pays est inversement proportionnel au pourcentage de matières organiques que l'on retrouve dans les poubelles de leurs habitants. Ainsi, ce taux est de 22 % pour un New-Yorkais (de Brooklyn), de 43 % pour un Philippin de Manille et de 82 % pour un Indonésien de Djakarta.

En 1989, 35 % seulement des ordures ménagères françaises ont été valorisées, soit par incinération avec récupération d'énergie pour le chauffage ou l'électricité (27 %), soit par compostage, avec production d'engrais organiques destinés à l'agriculture (8 %). Le reste, c'est-à-dire pratiquement les deux tiers, a été éliminé dans des incinérateurs simples, sans récupération d'énergie (15 %), ou purement et simplement abandonné dans des décharges (50 %). La France n'est pas le pays le plus « poubelle » de l'OCDE : Australiens et Canadiens stockent encore plus de 90 % de leurs déchets en décharge, les Etats-Unis plus de 80 %, les Espagnols et les Allemands de l'Ouest environ les trois quarts. A l'inverse, les pays qui gèrent le mieux leurs ordures ménagères sont la Suisse et le Japon, qui les incinèrent à 80 % et 72 % respectivement.

Quant aux matières premières, comme les plastiques, le verre, les papiers, les cartons et les métaux, leur gaspillage représente chaque année un véritable pillage de ressources, la plupart du temps non renouvelables. En effet, Si 45 % des papiers et des cartons sont recyclés en France, 4 % seulement proviennent de la consommation des ménages. A peine un quart des métaux ferreux sont récupéré, surtout à partir des déchets d'incinération.

III-1-3 - La valorisation des déchets

Les déchets ménagers et assimilés contiennent en moyenne 18% de produit contenant du carbone d'origine fossile (pétrole, charbon) donc non-renouvelable et 82% de produit contenant du carbone issu de la biomasse (bois, végétaux...) une énergie renouvelable. La combustion des déchets rend possible leur valorisation sous forme d'énergie qui va pouvoir se substituer à de l'énergie provenant de combustibles fossiles génératrice de gaz à effet de serre.

La valorisation, et la récupération des déchets sont des objectifs économiques essentiels que la crise énergétique a bien mis en évidence. On entend par valorisation des déchets, le fait de prolonger leur vie utile en les recyclant, ou d'en tirer de l'énergie ou de la chaleur en les incinérant. La valorisation des déchets est à un stade encore primaire. Les déchets industriels sont un peu mieux valorisés, que les ordures ménagères. Le verre, le papier carton, et les plastiques qu'on récupère pour les traiter représentent une part infinie de la quantité des rebus envoyés tels quels à la décharge.

Dans les pays industrialisés, chaque habitant produit en moyenne chaque année 358 kg en moyenne de déchets qui, au total, constituent une mine potentielle de matières premières composées d'environ 12 % de verre, 6 % de métaux, 10 % de plastiques, 30 % de papiers-cartons, 25 % de matières putrescibles compostables, 15 % d'éléments divers. Seul le recyclage du verre prend déjà une certaine importance, puisque près de 74 % de la production est à base de verre de récupération.

Pour le plastique, le taux de recyclage n'est que de 1 %. La France est le troisième producteur mondial de plastique, avec près de 50 millions de tonnes par an. En attendant, on jette sans prendre conscience ce qui devrait resservir, et on stocke des volumes considérables de mâchefer et de cendres issus des usines d'incinération. Mâchefer et cendres sont les déchets de déchets. Le premier est une scorie provenant de la combustion imparfaite des ordures ménagères dans les fours. Les cendres sont les résidus d'épuration des fumées rejetées par l'incinérateur. Ces deux produits forment un cocktail de métaux lourds - plomb, cadmium, mercure, arsenic, chrome et autres, tous compromettent la vie, et toxiques à la santé de tous les êtres vivants.

Les principaux objectifs de la valorisation des déchets sont la production de chaleur, de l'électricité, des engrais, et la fabrication de toute une panoplie de matières recyclées (plastique, ferraille, papier, verre). Mais, pour mettre en place cette stratégie, tous les maillons de la chaîne de production seront sollicités, de l'habitant au transformateur.

La collecte sélective se fera en équipant les foyers de deux poubelles servant à séparer les matières putrescibles humides (épluchures, fruits, légumes) des déchets secs (tels que les emballages boîtes de conserve, pots de yaourt), ce seront les écopoubelles. A terme, le système de collecte traditionnelle doit donc disparaître.

III-1-3 -1- Le compostage

Une unité de compostage est composée de quatre planchers ventilés permettant d'étaler la matière putrescible sur de grandes surfaces. Les matières organiques y sont donc placées en condition oxydante, c'est-à-dire aérée et humide (de 50 % à 60 % d'humidité). Elles se transforment en humus sous l'action des millions de bactéries et de champignons présents dans le milieu. Cela transforme le carbone en gaz carbonique sans dégagement de méthane, donc sans odeur.

L'activité biochimique des micro-organismes dégageant de la chaleur, l'augmentation de la température à plus de 60 °C pasteurise ce compost.

Au bout de quinze jours, on obtient un substrat destiné aux champignonnières tandis qu'il faut attendre deux mois pour utiliser ce produit dans la viticulture ou la céréaliculture, et au-delà de six mois comme amendement dans les cultures maraîchères.

Le compostage constitue non seulement un moyen de traitement des déchets ménagers mais aussi un moyen de récupération et une stratégie efficace de recyclage qui permet de transformer en ressources précieuses, des matières organiques impossibles à recycler autrement. Les résidus de fruits et légumes, les feuilles et autres résidus de jardins, les résidus de cultures, le papier et le bois constituent autant de matières organiques, qui se prêtent au compostage. Les produits indésirables tels que le verre, les plastiques et les métaux..., sont séparés soit avant le broyage, soit après, par criblage et tri balistique. Ces rebuts de compostage sont ensuite envoyés en décharges ou récupérés en partie. Ils représentent 20 à 50% du poids des ordures traités.

Le compostage est un procédé biologique de fermentation naturelle par lequel des micro-organismes (principalement des bactéries) décomposent la matière organique. On distingue deux types de fermentation (produits par des types différents de bactéries), la fermentation aérobie et la fermentation anaérobie.

La fermentation aérobie s'effectue à l'air libre s'opère en tas durant 2 à 3 mois (compostage lent), tandis que l'autre se produit en l'absence d'oxygène libre. Les opérations de compostages peuvent être réalisées dans des enceintes spéciales pendant 2 à 15 jours (compostage accéléré).

Le compostage en tas, consiste à former de longs cordons de section triangulaire appelés «andains», qui sont retournés mécaniquement. Le compostage en tas avec système d'aération intégré, consiste à étendre les andains sur une aire munie de tuyaux perforés. L'air nécessaire aux micro-organismes provient dans ce cas des tuyaux plutôt que du retournement mécanique des tas;

Le compostage en enceinte close, consiste à placer la matière organique dans un cylindre, un silo, un lit agité, des canaux recouverts ou ouverts, un bac ou toute enceinte. Cette méthode exige une surveillance et un contrôle étroit des paramètres de traitement. La matière organique est aérée et remuée ou agitée mécaniquement. (KING. P, 2001) [28].

La qualité du compost peut varier selon l'usage auquel on le destine. Ainsi, le compost utilisé pour l'agriculture, l'horticulture, l'aménagement paysager et le jardinage domestique doit être de qualité supérieure. Le compost de qualité moyenne et inférieure peuvent servir à la lutte contre l'érosion, à l'aménagement des accotements des routes, comme couche de couverture de décharge, et aux travaux de remise en état de terrains. Du point de vue économique, ce procédé n'est intéressant que dans la mesure où, le secteur agricole garantit l'écoulement du produit obtenu. Le coût du traitement est plus important que dans le cas de la mise en décharge.

Le rendement moyen tourne autour de 450 kg de compost pour 1 tonne d'ordures ménagères. L'unité de valorisation thermique permet de produire à la fois de l'électricité et de la chaleur. C'est ce que les techniciens appellent un système de «cogénération».

III-1-3 -2- Le recyclage

Le recyclage permet la valorisation des déchets et leur transformation en matières premières secondaires qui servent à la production de nouveaux produits, permettant ainsi de limiter la consommation des ressources naturelles, et la réduction des quantités de déchets à traiter par les autres filières.

Le recyclage augmente la durée de vie des déchets et crée aussi des emplois, et dans le même temps, il produit des effets positifs sur la balance des comptes d'un pays en diminuant les importations de matières premières. Cela est tout aussi évident en ce qui concerne les politiques d'économie d'énergies importées.

En France, pays qui pourtant est loin d'être en pointe dans ce domaine, on estimait, par exemple en 1990, que les activités de protection de l'environnement assuraient déjà quelque 359 000 emplois.

Le recyclage des plastiques ne représente que 1% de ce qui est jeté. Or, s'ils sont énergétiques, les emballages en polychlorure de vinyle (PVC), dont l'essentiel provient des bouteilles d'eau minérale, n'en produisent pas moins lors de leur incinération des dégagements de chlore extrêmement polluants. Et le traitement des fumées et des vapeurs, rendu obligatoire par la réglementation européenne, augmente de 30 % le coût des installations. Ainsi, la protection de l'environnement n'est plus un souci de nostalgiques, et les déchets suscitent méfiance et opposition.

Le recyclage présente les avantages de préserver l'environnement, de créer des emplois, de préserver les ressources naturelles et énergétiques et réutiliser des matières premières (verre et carton) après opération de triage.

En effet, le triage et le recyclage permettent :

- de réduire la consommation de matières premières et de puiser moins sur les ressources des sols et sous-sols (minerais, bois etc..) et conserver ainsi plus de durabilité au développement.
- de polluer moins les milieux, et de fournir de l'engrais naturel à l'agriculture
- de développer le secteur économique de récupération, et de lutter contre la pollution.

III-1-3 -3- L'incinération

Toutes les sociétés se trouvent maintenant confrontées aux problèmes grandissants que pose l'élimination des déchets solides urbains. La solution à ces

problèmes réside en partie dans la mise en œuvre des politiques inspirées des trois R (3R) : «Réduction, Réutilisation et Recyclage» (LIANG.D.T, 2001) [29]

Il reste toujours des déchets impossibles à recycler efficacement, dont on doit se débarrasser par d'autres moyens.

L'incinération est l'une des stratégies les plus couramment utilisées à cet égard. Ce mode de destruction par le feu, permet de réduire fortement le volume et le poids des résidus, en les transformant en gaz, en chaleur et en matériaux inertes (cendres et mâchefers).

Si l'incinération à l'avantage de réduire de 70 % le volume des déchets, ce procédé concentre du même coup les polluants. L'incinération n'est donc qu'un transfert de pollution.

L'incinération avec ou sans récupération d'énergie est la technique de valorisation qui a connu le plus gros succès. Les déchets sont déchargés dans une fosse, puis repris par une trémie à pont roulant qui les jette dans un four où elles sont brûlées aux alentours de 800°C. La combustion d'une tonne d'ordures ménagères produit 1100 kWh thermiques, 70 % d'eau et de gaz épurés et environ 30 % de résidus, 4 % de ferrailles qui sont recyclés, 23 % de mâchefers (scories composées de verre, et de métaux non ferreux) et 3 % de cendres ou de boues provenant du nettoyage des fumées. Mais si l'incinération représente un progrès énorme par rapport à une simple mise en décharge, elle n'est pas non plus sans inconvénient. D'abord, l'énergie produite sous forme de chaleur n'est pas stockable, et une bonne partie est gaspillée en été, lorsque les chauffages sont éteints. Une solution consiste à fabriquer de l'électricité, comme le font certains pays. On distingue deux modes d'incinération

III-1-3 -3-1- L'incinération avec récupération d'énergie

L'incinération permet en plus de la dépollution des espaces, de faire œuvre utile doublement en faisant des économies d'énergie pour produire, de la chaleur au tissu urbain (chauffage en hiver) et de l'électricité, et en même temps en épurant les déchets de leurs nocivités les plus agressives. De la même manière que le procédé sans récupération d'énergie, on rajoute dans le cas de celui ci un dispositif de récupération de la chaleur dégagée. Ce système est envisageable pour les usines de capacités suffisantes 100 à 200 tonnes par jour au minimum. (CHAOUCHI, H, 2000) [30]

Cette énergie récupérée sous forme de chaleur, peut être utilisée au voisinage du lieu de sa production, vendue à des industries proches ou à un réseau voisin de chauffage urbain.

Les déchets sont incinérés dans un four à raison de 10,5 tonnes par heure à une température atteignant au maximum 850 °C. La chaleur produite est récupérée par une chaudière fournissant la vapeur (390 °C, 40 Bars) qui fait tourner une turbine reliée à un alternateur produisant de l'électricité. La vapeur rejetée par la turbine est recondensée en eau dans une chaufferie (180 °C, 1,4 bar) : ainsi les calories libérées alimentent les radiateurs (70 °C) des habitations environnantes.

Lorsque l'usine fonctionne à son plein rendement, deux chaudières produisent jusqu'à 25 mégawatts d'électricité (1/10 de la production d'une centrale hydraulique). L'apport d'énergie à la chaufferie est estimé à 9 200 TEP, soit la moitié de la consommation actuelle d'une ville moyenne.

L'unité de tri, de recyclage et de récupération est sans contexte la structure la plus innovante. Elle allie le tri mécanique (tables vibrantes, cribles, tris magnétiques à l'aide d'aimants) et le tri manuel des déchets.

Le papier sera vendu au papetier pour la fabrication de pâte, le verre aux fabriques de bouteilles et autres, l'acier à la sidérurgie etc. Ainsi une pollution potentielle par les déchets peut engendrer une activité économique dépolluante.

III-1-3 -3-2- L'incinération sans récupération d'énergie

Les déchets sont incinérés dans des fours spéciaux adaptés à leurs caractéristiques (taux d'humidité, pouvoir calorifique,...). Les gaz dégagés subissent un dépoussiérage pour répondre aux normes en vigueur et les «rebus d'incinération», appelés mâchefers qui représentant environ 10% du volume, et 25 à 30 % du poids des ordures incinérés, sont soit acheminés vers la décharge, soit récupérés en partie. (CHAOUCHI, H, 2000) [31]

L'installation de nouvelles usines d'incinération se heurte parfois aux protestations des populations riveraines, comme c'est le cas dans beaucoup de régions du monde, les Etats-Unis et la Suède ont même failli lancer il y a quelques années un moratoire sur cette technique, et, récemment, un scandale a éclaté aux Pays-Bas quand on a découvert de la dioxine dans du lait de vaches broutant à proximité d'un incinérateur.

III-1-4 - Les composés toxiques des déchets

Les ordures brûlées dans les décharges sauvages libèrent dans l'atmosphère d'importantes quantités de poussières, de métaux lourds (plomb, mercure, zinc, etc.) et de gaz chlorhydrique (HCl) extrêmement polluants.

Les analyses des échantillons de sol de la décharge de Dandora comparées à celles d'une autre localité située en dehors de Nairobi, ont montré que les sols de la décharge contiennent presque dix fois plus de plomb qu'un sol dit "non pollué" (plus de 400 parties par million contre 50 ppm). La moitié des enfants examinés a des taux de plomb dans le sang excédent les niveaux internationalement acceptés.

Les enfants exposés aux polluants tels que les métaux lourds et les substances toxiques par le sol, l'eau et l'air (fumée de déchets brûlés) avaient des complications respiratoires, gastro-intestinales et dermatologiques. Presque la moitié des enfants examinés souffraient des maladies respiratoires, y compris la bronchite et l'asthme chroniques.¹⁰⁹

III-1-4 -1- Les métaux lourds

Certains auteurs définissent les métaux lourds comme les éléments métalliques ayant une masse volumique supérieure à une certaine valeur (cette valeur minimale variant entre 4000 kg/m³ et 5000 kg/m³ selon les auteurs). D'autres définissent comme métaux lourds les éléments métalliques compris entre le cuivre et le plomb dans le tableau périodique des éléments (excluant donc le fer, le chrome). L'homme a utilisé les métaux lourds, et il continue à les utiliser parfois avec excès, souvent avec inconscience ou pire, en toute conscience. *"L'or, l'argent, le cuivre ont permis de fabriquer les premières pièces de monnaie. Sans métaux lourds, il n'y aurait pas eu de distribution d'eau potable à Rome par les canalisations en plomb. Ni peintures, car les peintures anciennes ont résisté au temps grâce aux métaux incorporés aux pigments (le « jaune de Naples », à base de plomb, le « vermillon de mercure »...), ni vitraux dans les cathédrales, ni miroirs, étamés d'un amalgame d'étain et de mercure"*. (MIQUEL.M, 2003) [32]

Si les métaux lourds ont fait la civilisation, ils peuvent aussi la défaire, car les métaux lourds sont aussi des toxiques puissants.

La dégradation des milieux aquatiques est la conséquence des rejets de métaux lourds (cadmium, plomb, mercure, etc.), d'hydrocarbures, de fertilisants issus des engrais chimiques et de détergents phosphatés qui font le plus de mal à la biologie marine. Les mers, les océans, les lacs, et les étangs sont le réceptacle de toutes les pollutions amont. Avec le milieu atmosphérique, les échanges de pollutions ont lieu au travers de la météorologie avec le cycle ensoleillement, évaporation, condensation et pluviométrie. Les milieux aquatiques (mers et océans), sont considérés comme égout sans fins. Ils représentent 71% de la superficie de la terre.

III-1-4 -1-1- Le cadmium

Le cadmium est un élément chimique de symbole Cd, et de numéro atomique 48. La toxicité du cadmium sous toutes ses formes (métal, vapeur, sels, composés organiques), est connue depuis les années 50.

Le cadmium s'accumule provisoirement dans le foie avant de s'accumuler dans les reins. En France, la quantité moyenne annuelle de cadmium ingéré par personne et par an est évaluée à 12 mg.

L'absorption par voie digestive de plus de 0,9 g ou par voie respiratoire (de poussières) à des concentrations plus grandes que 200 mg/m³ peut entraîner des troubles graves. Au delà de 200 mg par kg chez l'adulte, il provoque des lésions irréversibles. Le cadmium est principalement absorbé par inhalation et se fixe à 30 - 40% dans les reins où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie).

En France, la valeur limite d'exposition est fixée à 0,05 mg/m³, pour les fumées d'oxyde. La consommation de tabac peut représenter jusqu'à 75% de l'absorption alimentaire humaine en cadmium quotidienne. Aujourd'hui, les principaux risques d'intoxication sont liés aux expositions prolongées à de faibles doses de cadmium.

L'exposition à des niveaux plus élevés peut causer de sérieux dommages pulmonaires voire la mort. Les fumées d'oxyde de cadmium sont des irritantes pulmonaires sévères (dû à la taille de leurs particules). Plusieurs composés inorganiques du cadmium causent des tumeurs malignes chez l'animal. L'exposition professionnelle au cadmium peut être considérée comme responsable d'une augmentation significative du cancer du poumon.

Dans les années 1500, au Japon, une intoxication aigüe au cadmium a donné une maladie des reins et des os, nommée « *itai-itai* » (qui signifie « *j'ai mal, j'ai mal* », la phrase souvent répétée par les malades.

III-1-4- 1-2- Où on retrouve le cadmium ?

Le cadmium est présent dans :

- La fumée, et les poussières perdues par certaines industries (métallurgie, recyclage des batteries au cadmium, engrais phosphorés);
- La fumée de cigarette (la source principale de contamination de la population générale);
- Les engrais phosphorés de synthèse (ou naturels parfois), qui en contiennent beaucoup et qui polluent le sol et les nappes;
- Les effluents et boues d'épuration urbaine et ou industrielles épandues sur les champs ou en forêt sont des sources parfois importantes de cadmium.
- Certains aliments (dont par exemple les champignons, ou les organes tels le foie et les reins en contiennent souvent des taux supérieurs aux normes parce que ces organes ont pour rôle justement de capter et réduire les concentrations de cadmium circulant dans le système. Le blé et certains végétaux (épinards) semblent pouvoir l'accumuler plus que d'autres. Certains légumes, et les céréales peuvent concentrer le cadmium. Les cultures de céréales sur sols acides favorisent la contamination du grain, avec cependant des différences significatives selon les variétés plantées;
- Les cendres et résidus d'incinération, après combustion d'objets contenant du cadmium (peintures, PVC, etc.) comme colorant, additif ou catalyseur;
- l'air urbain (niveaux parfois très élevés près des centres de production).

III-1-4-1-3- Le plomb

La toxicité du plomb est due notamment à son effet inhibiteur de certaines enzymes qui provoquent des troubles cérébraux, et des retards mentaux chez les jeunes enfants. La pollution par le plomb provient surtout des additifs anti-détonants de l'essence. Rejetés dans l'atmosphère, ceux-ci retombent et se concentrent de part et d'autre des routes. Le plomb qu'ils contiennent passe alors directement dans l'herbe ou dans les eaux de ruissellement. Pour limiter ces rejets dangereux, l'usage d'essence sans plomb s'est beaucoup développé ces dernières

années. En 1994, les ventes d'essence sans plomb avaient atteint en France 45 % des ventes totales d'essence. Mais cette solution n'est pas idéale car elle diminue le rendement des moteurs et augmente l'émission d'autres polluants comme le monoxyde de carbone.

On a retrouvé dans les glaces du Groenland du plomb dont une partie date de l'Antiquité romaine. À cette époque, la production d'objets en plomb était déjà importante, et elle se faisait à l'air libre, ce qui provoquait le rejet dans l'atmosphère de grandes quantités de ce métal très toxique. C'est la plus ancienne pollution à grande échelle jamais mise en évidence. Certains archéologues attribuent à la pollution par le plomb une part de responsabilité dans le déclin et l'effondrement de l'Empire romain. En effet, le plomb ingéré par les riches romains venait essentiellement des ustensiles de cuisine, mais aussi des systèmes d'adduction d'eau constitués de tuyaux de plomb entraînant de nombreux décès par la goutte saturnine (intoxication par le plomb). En France, c'est au début du XIXe siècle, qu'une épidémie de saturnisme a touché les artisans parisiens (comme les plombiers et les peintres) dont 1 200 ont dû être hospitalisés.

III-1-4-1-4- Le mercure

Le mercure est le seul métal liquide à température ambiante. Il se divise par l'agitation en fines gouttelettes. C'est aussi le seul métal dont la température d'ébullition soit inférieure à 650°. C'est un métal qui se caractérise par une extrême volatilité ; c'est un métal qui se combine très facilement avec d'autres molécules, que ce soient des métaux (amalgames), des molécules inorganiques (sels) ou organiques (carbone). Le mercure est un métal dit « lourd » dans la classification du chimiste Mendeleïev, dans la mesure où il possède une « masse atomique » de 200 (hydrogène =1).

III-1-4-1-5- La toxicité du mercure

La toxicité du mercure vient de son extrême volatilité (puisqu'il peut être facilement respiré), et de sa relative solubilité dans l'eau, et les graisses (il peut être facilement transporté dans le corps). Le mercure est toxique de part sa capacité à se lier avec d'autres molécules qu'il va modifier, ou dont il va transformer les fonctions.

En présence d'oxygène, le mercure s'oxyde très facilement passant de l'état métallique (Hg^0), liquide ou gazeux, à l'état ionisé (Hg^{2+}). C'est aussi un métal qui s'associe facilement aux molécules organiques formant de nombreux dérivés.

Le mercure est un métal très réactif au milieu dans lequel il se trouve (température, composition chimique...). Il peut se lier dans l'organisme aux molécules constituant la cellule vivante (acides nucléiques, protéines...) modifiant leur structure ou inhibant leurs activités biologiques.

Le mercure est à l'origine de maladies professionnelles. L'intoxication par le mercure s'appelle l'*hydrargie* ou *hydrargyrisme*, caractérisée par des lésions des centres nerveux se traduisant par des tremblements, des difficultés d'élocution, des troubles psychiques...

En dehors du milieu professionnel, le mercure est repéré comme un élément toxique, agissant sur les reins, et neurologique, c'est-à-dire agissant sur le système nerveux. Les symptômes sont des troubles mentaux plus ou moins graves, une salivation excessive, des douleurs abdominales, des vomissements, de l'urémie (accumulation d'urée liée à une insuffisance de la fonction rénale). Les premiers effets neurotoxiques décelés chez l'adulte surviendraient à partir d'un certain seuil, variable selon les indicateurs. Il est habituellement reconnu que le seuil minimum de concentration en mercure dans le sang et dans les cheveux est de 200 $\mu\text{g/l}$ et 50 $\mu\text{g/g}$. L'amalgame dentaire est le seul alliage métallique à base de mercure utilisé dans le corps humain. Mais il existe, dans le seul secteur de la chirurgie dentaire, plusieurs autres alliages répartis entre quatre grandes familles : les amalgames dentaires -à base de mercure- ; les alliages précieux - à base d'or, de platine, de titane- ; les alliages semi-précieux - à base d'argent, de palladium- ; les alliages non-précieux, -à base d'acier ou de cobalt-. On compte au total pas moins de mille alliages différents (selon la nature et les proportions des métaux employés), utilisés pour les couronnes, les implants, les soudures, les fils orthodontiques... Une bouche traitée peut contenir jusqu'à 32 métaux différents.

La première pollution grave imputée à un métal, le mercure, s'est produite au Japon en 1953. Une usine de fabrication de matières plastiques déversait alors ses déchets dans une baie, à Minamata. Au bout de quelques années, les habitants des littoraux voisins qui consommaient beaucoup de poissons, et de fruits de mer ont commencé à être victimes de graves troubles osseux pouvant conduire à des décès ("maladie de Minamata").

Dans les années 1950 et 1960, 150 tonnes de mercure ont ainsi été déversées dans la baie. Et les taux de mercure trouvés dans les poissons contaminés étaient 500 000 fois supérieurs à ceux des eaux de la baie.

Dans le monde, des milliers de tonnes de mercure sont rejetées chaque année dans les cours d'eau où ce métal se transforme en méthyl-mercure, un composé très stable qui se concentre ensuite dans les organismes vivants. La toxicité élevée du mercure est liée à son aptitude à se combiner au soufre. Dans les organismes vivants, il peut ainsi bloquer certains sites actifs comportant des atomes de soufre, comme celui de la vitamine B12. Les composés mercuriels sont particulièrement dangereux pour le cerveau où ils s'accumulent.

En France, les rejets directs de mercure dans les eaux fluviales sont faibles (0,5 tonne par an), et proviennent surtout d'usines de la région Rhône-Alpes. La contamination au mercure vient principalement des rejets émis dans l'atmosphère (15,8 tonnes par an, selon les données officielles) lors de l'utilisation de combustibles fossiles, lors de l'incinération de déchets ou encore par l'industrie métallurgique.

III-2- ALTÉRATION DE L'ENVIRONNEMENT PAR LES DÉCHARGES A CONSTANTINE

Les décharges en Algérie reçoivent quotidiennement des montagnes d'ordures ménagères, déchets des établissements hospitaliers, et déchets industriels. Difficiles à éliminer ou à revaloriser, les rejets solides sont dans toutes les villes algériennes, une véritable source de pollution et de nuisances, qui affectent l'homme et l'environnement.

Sur le pourtour du Rhumel transformé en dépotoir, et dans tous les quartiers de la ville de Constantine où, les maisons sont dans un état de délabrement, et de précarité qui menace la vie des populations, la dégradation de l'hygiène est très alarmante.

La pollution visuelle agresse tous les quartiers de la ville. La transformation de nombreux sites en décharges, changent l'aspect extérieur des sites construits et naturels. Le phénomène s'étale à un rythme accéléré à l'échelle de tout le groupement de Constantine.

Partout les nuisances (bruit, poussières, odeurs infectes, étalement des ordures ménagères, etc.), aggravent la dégradation du cadre de vie.

Photo n°107 : **La façade arrière du Ciloc transformée en décharge**



Source : Auteur 2007

Photo n°108 : **la façade sur boulevard du Ciloc : Une Image contrastée**



Source : Auteur 2007

L'environnement se dégrade à Constantine, au rythme de ces maisons sales, insalubres, vétustes et délabrées qui exposent comme des vestiges le reste de ces murs de pierre épais, accrochés sur les bordures du Rocher, ou de ces maisons précaires, et illicites, installées sur les versants pentus de ces collines qui subissent les effets de glissement. (photo n°109 et 110)

Photo n°109 : **La transformation du talus et bordure de route en décharge**



Source : Auteur 2007

Photo n°110 : **La transformation des sites naturels en poubelle**



Source : Auteur 2007

Sur les espaces de circulation mécanique, et sur les trottoirs occupés par des activités de commerces informels, les ordures s'entassent. Sur les espaces vides, laissées entre les constructions, il se forme des décharges remplies de gravats, et de rejets solides que les éboueurs ne peuvent ramasser. Sur certains espaces occupés autrefois par des maisons insalubres, s'accumulent les immondices d'où il se dégage des odeurs qui infectent, et polluent l'atmosphère.

La collecte des ordures ménagères qui continue à se faire depuis longtemps déjà, à dos d'âne ou de mulet dans la vieille ville, ne peut garantir une hygiène environnementale qui préserve la propreté, et la santé des populations.

Sur les ruines des maisons écroulées ou des maisons dont l'entretien n'est plus assuré, se forment des décharges remplies d'ordures, et de produits solides que la nature ne peut éliminer. Au voisinage de ces paysages urbains, particulièrement marqués par un état d'abandon, sont aménagés des logis, au moyen de matériaux de récupération. Les décharges envahissent la nature et dégradent l'environnement. Parkings et aires de stationnement complètent ce paysage répulsif, où l'atmosphère est malsaine, et où l'insalubrité prend des dimensions inquiétantes.

383 tonnes de rejets solides sont collectés et rejetés dans ces décharges qui ne bénéficient d'aucune prise en charge technique en 1997. (MEBARKI. A et MOSSAAB. B. L, 1997) [33]

Après une décennie, et suite à l'amélioration des conditions de vie et de consommation des habitants, les rejets ont augmenté d'environ le double dans toutes les villes d'Algérie.

Constantine rejette aujourd'hui plus de 600 tonnes par jour, alors qu'il y a dix ans, le volume de rejet était d'environ la moitié.

La contamination des eaux par les décharges demeure étroitement liée à la taille des décharges, à l'importance des quantités de déchets solides réceptionnées, à leurs natures, à l'origine de leur production, et enfin au type de gestion de ces espaces de production de la pollution.

Mises en décharge, les matières toxiques¹¹⁰ s'évacuent dans les eaux de ruissèlement, polluent les eaux des rivières voisines et s'infiltrant jusqu'à atteindre les eaux des nappes phréatiques sous-jacente.

La pollution d'origine agricole par lessivage, est aussi importante en raison de l'utilisation de milliers de tonnes d'engrais chimiques (phosphates, ammonitrates, et potasse). Le problème de la pollution par les nitrates est plus accentué dans les zones des hautes plaines où la pratique de l'irrigation (cultures maraîchères) est de plus en plus intensifiée ces dernières années.

¹¹⁰ L'analyse des eaux infiltrées dans le sol (percolas), prélevés à proximité des décharges révèle la présence de plomb, de chrome, de cadmium, de zinc. Toute une mixture de métaux lourds qui s'écoulent vers les nappes phréatiques. Voilà comment les mâchefers et les cendres qualifiés de «déchets dangereux» peuvent, se retrouver dans une décharge d'ordures ménagères et pollués gravement tout l'environnement.

III-2-1- La décharge de Constantine

La décharge de Constantine, d'une superficie de 7 hectares située à 7 kilomètres de la ville aux abords immédiats du Rhumel, localisée sur un site de colline surplombant la vallée, favorise le phénomène de lessivage par les eaux de pluie en direction de l'oued Rhumel. L'impact de cette décharge sur les ressources en eaux est d'autant plus intense de par sa proximité à l'oued, et aux zones d'émergence de sources. Cette décharge reçoit en moyenne 326 tonnes de déchets en provenance de la ville, et de ses zones industrielles.

Les eaux du Rhumel à l'entrée de Constantine se caractérisent par une teneur élevée en nitrates en période printanière (25 mg/l en février et, et 34 mg/l de NO_3^- en mars 1988) période qui coïncide avec la période d'épandage d'engrais et en novembre, cette concentration diminue à 6mg/l. (MOSSAAB. B. L, 1997) [34]

L'intensification de la pollution par la décharge qui brûle et qui propage ses fumées sur la ville de Constantine, a conduit les responsables à un transfert de la décharge sur des sites dont l'impact n'est pas sans conséquence sur l'homme et l'environnement.

III-2-2- Les ordures ménagères

es déchets ménagers sont les résidus solides issus de la vie domestique qui incluent :

- les ordures ménagères collectées au porte-à-porte, ou déposées par les habitants en des lieux désignés à cet effet,
- les déchets volumineux ou encombrants,
- les déblais, et gravats, ainsi que les déchets spéciaux en raison de leurs caractéristiques ou propriétés (inflammabilité, toxicité ou pouvoir corrosif, etc.).

Les déchets médicaux et hospitaliers, qui présentent un risque infectieux, ne peuvent être éliminés avec les ordures ménagères. Il est possible de les incinérer dans certains centres pourvus de dispositifs spécifiques, sous réserve de conditions de transport.

III-2-2-1- Composition des ordures ménagères

La composition des ordures ménagères est très hétérogène, et variable selon le lieu et la saison. Une étude a été faite par l'inspection de l'environnement en 2002, pour définir la composition des ordures ménagères produites dans la

commune de Constantine. Cette étude s'est basée sur l'analyse de quatre échantillons d'ordures ménagères récupérés dans quatre zones de la ville, qui sont: Ain- El- Bey (la nouvelle ville), Souika (la vieille ville), un bidonville (habitat précaire) et la cité Boussouf (grand ensemble).

Le résultat de cette analyse est le suivant: le composant dominant est la matière organique qui représente 70% du poids des ordures ménagères, la matière plastique 11%, le carton et le papier 10 %, les métaux 4%, et le verre 1% .

Tableau n° 5: **Composition des ordures ménagères de la commune de Constantine**

	Matière organique	Matière plastique	Carton et papier	Verre	Métaux	Chiffons et autres
Poids (%)	70	11	10	1	4	4

Source : Inspection de l'environnement, 2003

III-2-2-2- Les matières plastiques

La récupération du plastique dans la ville de Constantine, s'exerce depuis plus d'une dizaine d'années, mais d'une façon informelle. Les éboueurs sont les premiers récupérateurs de cette matière vendue au niveau de la décharge, ou sur le parcours de transfert des déchets, à des récupérateurs professionnels. Une preuve de l'existence d'un marché de récupération du plastique à Télaghma. La récupération de cette matière peut être mise en place par le service de la commune ou concédé à un privé, et il serait donc judicieux d'orienter le recyclage vers cette matière par la mise en place d'un dispositif de collecte sélective.

Photo n°111: **Amas de plastique récupéré**



Source : Auteur 2007

Le plastique récupéré dans la nature est mis en tas, dans la commune de Télaghma, où il est transformé sous forme de grain de plastique, que l'on transporte dans la wilaya de Sétif pour être recyclé dans des unités spécialisées. (photo n°111)

III-2-2-3- Papier-carton, et emballage

Les emballages jouent un rôle important dans l'évolution des déchets ménagers. Au cours des trois dernières décennies, la masse des déchets d'emballages jetés par les ménages a été multipliée par trois, dans les pays européens, alors que globalement dans le même temps, les déchets ménagers ont augmenté de 60% en poids. En Europe les emballages ménagers représentent environ le tiers des déchets à traiter. Selon les recherches établies par la Nationale des Eaux et Environnement, en 1998, la production de déchets papier-carton dans l'administration publique est de 200 à 400 g par employé et par semaine.

Sachant que le secteur tertiaire est le secteur économique dominant à Constantine, on suppose que la quantité du déchet papier-carton générée est conséquente, donc elle peut alimentée les industries du papier.

La collecte sélective de cette matière peut être mise en place au niveau des administrations par l'introduction de containers spéciaux qui leur sont destinés. Ce dispositif, comme pour celui des matières plastiques, peut être mis en place par le service public urbain ou concédé à un privé. La politique du recyclage des déchets doit partir du contexte local, ainsi que de la géographie industrielle, car il est préférable d'avoir un gisement à proximité d'une industrie, plutôt que d'être obligé de traverser le pays pour envoyer des déchets dans la seule usine susceptible de les traiter. La valorisation des déchets récupérables (plastiques, papier, verre et les matériaux ferreux) par le recyclage, permet de diminuer la quantité de déchets à traiter, et réduire le recours aux matières premières, en permettant ainsi la préservation des ressources naturelles.

La récupération des matériaux ferreux, s'est beaucoup développée ces dernières années. (Photo n° 112 et 113)

Photo n° 112 : Récupération de produits ferreux mis en tas sur des terres agricoles



Source : Auteur 2007

Photo n°113 : Produits récupérés que la nature ne peut éliminer.



Source : Auteur 2007

III-2-2- Les déchets hospitaliers

L'enquête menée auprès des infrastructures sanitaire (hopitaux, cliniques, polycliniques, centres de santé et salles de soins) à travers les communes de la wilaya ont montré que les quantités de déchets produits sont de 208,99 t/an dont 63,81 t/an environ des déchets ordinaires et 189 t/an de déchets infectieux.

L'enlèvement, et l'acheminement des déchets hospitaliers inoffensifs se font par les services communaux vers des décharges publiques dans des véhicules non adaptés.

D'une manière générale, le mode de gestion (collecte et élimination) de ces déchets, se fait dans des conditions non satisfaisantes, (mise en décharge, à part les placenta et quelques produits de laboratoire qui sont incinérés.

Certains établissements sanitaires sont dotés d'incinérateurs, qui ne sont pas tous opérationnels.

Tableau n°6 : Estimation quantitative des déchets hospitaliers

Hôpital	Déchets Produits (kg/j)	Ordures Ménagères (kg/j)	Déchets septique (kg/j)	Observation
Centre hospitalier de Ben Badis	1500	1000	500	Incinérateur fonctionnel mais sans traitement de fumées
Hôpital spécialisé de Sidi Mabrouk	150	80	70	Incinérateur fonctionnel mais sans traitement de fumées
Hôpital psychiatrique de djebel El Ouahch	100	80	20	Déchets septique incinérés à l'hôpital de Sidi Mabrouk
Hôpital renal de Daksi	150	100	50	Déchets septique incinérés à l'hôpital de Sidi Mabrouk
Hôpital cardio-vasculaire de la cité Régadh	120	80	40	Incinérateur fonctionnel mais sans traitement de fumées
Total	2020	1340	680	

Source : Inspection l'environnement, (2003)

III-2-3- Estimation quantitative des déchets inertes de construction

La ville de Constantine connaît les dépôts anarchiques de déchets inertes de construction, en provenance des chantiers de travaux de bâtiment, et de travaux publique. Ces déchets sont composés essentiellement de gravats, décombres, déblais, et autres rebuts de démolition, et de chantiers.

Les moyens de quantification n'étant pas connus en Algérie, les seules références sont les hypothèses émises par des chercheurs dans le domaine du bâtiment qui

estiment la production moyenne de déchets inertes à 20% de la quantité des ordures ménagères¹¹¹.

III-2-4- Estimation quantitative des déchets solides urbains collectés par le service de nettoyage communal

La collecte des déchets ménagés et assimilés, est organisée à travers la répartition de la ville en secteurs. Pour chaque secteur de collecte sont définis les moyens humains et matériels, et les horaires de la collecte qui se fait le jour ou bien la nuit. A ceci s'ajoute, la collecte supplémentaire. Il s'agit des efforts qui se font chaque soir après les horaires de ramassage, en vue d'améliorer l'état de nettoyage de quelques secteurs où certains ménages, et commerçants ne respectent pas les horaires de passage des éboueurs.

Une collecte supplémentaire se fait chaque semaine pour l'éradication des petits dépotoirs d'ordures ménagères au niveau de certains secteurs. La collecte des déchets ménagers et assimilés, est assurée par deux organismes qui sont, le service de nettoyage communal, et l'entreprise publique communale pluridisciplinaire de travaux. La collecte s'effectue à des horaires définis en fonction de la zone que couvre le secteur de collecte. En effet, pour les zones où le trafic routier est important durant la journée, la collecte se fait la nuit et pour le reste des secteurs, la collecte se fait le jour. La quantité de déchets collectée par le service de nettoyage communal, est estimée à 89450 kg dont 52.330kg sont collectés le jour et 37.120 kg collectés la nuit.

Tableau n°7 : **Estimation quantitative des déchets ménagers collectés par le service de nettoyage communal.**

	Quantité /J	Total	Destination
Collecte jour	52.330 kg	89.450 kg	Déversées dans la décharge intercommunale de Ben Badis
Collecte nuit	37.120 kg		

Source : Inspection de l'environnement, (2003)

III-2-4-1- Collecte jour

La collecte du jour est assurée par le service de la commune. Elle couvre dix sept (17) secteurs à travers la ville. La quantité moyenne de déchets collectée est estimée à 52.330kg,

¹¹¹ Inspection de l'environnement, (2003)

Tableau N°8 : **La collecte nuit par le service de la commune**

N°	Secteur de collecte	Moyen roulant	Nombre d'éboueurs	Nombre de rotation	Poids total (kg)	La tare (kg)	Poids Net (kg)
01	Charbono	Camion à benne	03	01	8750	5460	3290
02	El Kantara	Camion à benne	03	01	8410	5460	2950
03	SMK 2	Camion à benne	03	01	5010	3800	1210
04	05 juillet	Camion à benne	03	01	8560	5460	3100
05	Belouazdad	Camion à benne tasseuse	03	01	14130	10560	3570
06	Rahmani Achour	Camion à benne	03	01	8080	5460	2620
07	Ciloc	Camion à benne tasseuse	03	01	8270	5240	3030
08	Tabia	Camion à benne tasseuse	03	01	8200	5240	2960
09	Belle vue	Camion à benne	03	01	8840	5460	3380
10	Ben m'hidi 1	Camion à benne	03	01	5450	3800	1650
11	Ben m'hidi 2	Camion à benne tasseuse	03	01	14200	10560	3640
12	SMK 1	Camion à benne	03	01	9800	5460	4340
13	Vielle ville (dos d'âne)	Camion Ampliroll	03	01	5960	4580	1380
Total		37.810 kg					

Source : Inspection de l'environnement, 2003)

III-2-5- Estimation quantitative des ordures ménagères collectées par l'entreprise E.P.C. P.T

La quantité de déchets collectée par le service de l'entreprise E.P.C. P.T, est estimée à 52.810 kg/j , dont 33.840 kg sont collectés le jour et 18.970 kg collectés la nuit.

Tableau n°9 : **Estimation quantitative des déchets collectés par l'entreprise E.P.C P.T**

	Quantité /J	Total	Destination
Collecte jour	33.840 kg	52.810 kg	Déversées dans la décharge intercommunale de Ben Badis
Collecte nuit	18.970 kg		

Source : (Inspection de l'environnement 2003)

L'ensemble des camions chargés de la collecte, représente une production journalière de 0.35kg/j/ habitant, mais cette valeur ne reflète pas la réalité. En effet selon une étude faite par la commune en la même année sur la production journalière d'ordures ménagères par habitant est estimée à 0.5 kg/j/hab. Donc pour une population qui s'élève à environ 500 000 habitant 1998, on atteint un tonnage réelle de déchets de 250t/j/hab. par conséquent le taux d'enlèvement des ordures ménagères au niveau de la ville de Constantine ne correspond pas au taux de production réelle.

Il existe donc des défaillances au niveau de l'organisation de l'opération de la collecte, et une insuffisance dans les moyens déployés, ainsi qu'un manque de civisme des citoyens qui se désintéressent de la qualité de leur environnement.

Tableau n°10 : **Quantité de déchets ménagers et assimilés réellement collectés -Année 2003**

Organisme	Type de collecte	Quantité/J (kg)	Total (kg)	Destination
Services de collecte et de nettoyage (centre ville)	Collecte jour	64.310	11.430	Déversées dans la décharge intercommunal de Ben Badis
	Collecte nuit	10.000		
	Collecte supplémentaire	37.120		
Entreprise E.P.C.P.T (Périphérie de la ville)	Collecte jour	38.840	65.810	Déversées dans la décharge intercommunal de Ben Badis
	Collecte nuit	8.000		
	Collecte supplémentaire	18.970		
Total général	1777240 kg soit 178 t/j			

Source : Inspection de l'environnement, (2003)

III-2-6- Effets des polluants générés par les décharges

Les décharges à ciel ouvert demandent des surfaces de dépôt de plus en plus grandes, et les centres pour enfouissement ne favorisent pas toujours la dégradation naturelle de ces rejets en plastiques, et de matières synthétiques que l'on enfouie par couches, et que l'on couvre d'une mince couche de terre.

Les décharges, quand elles ne sont pas contrôlées, peuvent être le siège de matières très dangereuses, bien qu'elles n'exigent pas d'investissements lourds, elles présentent néanmoins les inconvénients de souiller les sols et l'entourage sur de longues périodes. Les emballages en plastiques peuvent offrir un confort d'utilisation, mais le prix à payer, par rapport aux dégradations de notre environnement, est très lourd pour restaurer nos sites et paysages et même l'animal n'est pas épargné par leur ingestion.

Les émissions de polluants générés par les décharges affectent l'environnement de la région par la dégradation du site naturel; la propagation des fumées, des odeurs nauséabondes, et par l'éparpillement des déchets légers dans le voisinage.

Les gaz, les poussières et fumées qui s'élèvent, forment un épais brouillard qui enveloppe toute la zone, et pollue l'air que nous respirons. Les dommages sur la végétation due au mélange gazeux qui se répand à la périphérie de la décharge, provoquent la mort par asphyxie des jeunes plantes. Les retombées atmosphériques des métaux lourds après être transportés sur de très longues distances, tombent et

polluent le sol. La formation du gaz d'ozone, et de méthane à partir des gaz de combustion, dont les effets sont nocifs sur les forêts, les cultures, et sur la sante de tous les êtres vivants, aggrave encore plus la dégradation de la nature.

III-2-7- Traitement, recyclage et incinération

La gestion des déchets ménagers dans la commune de Constantine est limitée dans, la mise en place d'un dispositif de collecte. , et de transfert des déchets vers la décharge publique qui est le seul mode de traitement des déchets.

La collecte est assurée par le service de nettoyage de la commune, et à défaut de moyen, et particulièrement au niveau des zones périphériques de la ville, tels que, Djebel el ouahch, Sarkina, nouvelle ville,...La commune à concéder cette opération à l'Entreprise Public Communale Pluridisciplinaire de Travaux E.P.C.P.T.

L'avenir de l'élimination de nos déchets réside dans le recyclage pour l'essentiel et l'incinération utile pour le reste pour des avantages des plus inattendus.

III-3- LA POLLUTION DE L'AIR PAR LES DÉCHARGES FUMANTES SITUÉES À L'ENTRÉE DES VILLES

"La présence de substances étrangères dans la composition de l'air, et les modifications de la concentration normale des gaz dans celui-ci, se nomment pollution de l'air". (MATEI. B, et PASCU. U, 1974) [35]

La pollution de l'air par ces brouillards de fumées qui émanent des décharges sauvages, et des décharges "contrôlées", qui brûlent comme dans un incendie de forêt, menace d'étouffement les populations riveraines.

La combustion à l'air libre des déchets, et des ordures déposés dans des décharges sauvages, et communales; dégagent des fumées toxiques, altèrent la santé des populations, la qualité de la vie, et le fonctionnement naturel des écosystèmes.

La dégradation, et la contamination de l'environnement par les rejets d'ordures, ou d'objets encombrants, ne permet pas aux communes d'assurer une gestion des déchets qui sont rejetés dans des décharges publiques, qui ne sont en fait que des décharges sauvages, regorgeant de produits incinérés à l'air libre, affectant gravement la qualité de l'air que nous respirons, et détruisant la qualité des paysages environnants.

La ville de Constantine a changé plusieurs fois de site, et de communes pour sa décharge, dans l'espoir d'assurer une meilleure protection sanitaire des personnes

exposées aux risques des émanations des fumées, et des odeurs que produisent ses décharges, qui ne connaissent pas encore un traitement des rejets solides.

Du centre de Constantine vers Ain S'mara au lieu dit "le 7^{ème} kilomètres", puis de Ain S'mara vers Ben Badis, puis encore de Ben Badis vers Ain S'mara, la décharge de Constantine ne trouve pas de site favorable.

La décharge de Ben Badis créée en 1998, n'est en réalité qu'un vaste terrain à l'entrée de ville, où l'on réceptionne en moyenne 550 tonnes, dont environ 400 tonnes en provenance de la commune de Constantine¹¹².

La décharge de Ben Badis n'a permis en réalité, que de délocaliser le problème de la pollution, posé dans les communes de la wilaya notamment la commune de Constantine et du Khroub. Par ailleurs, elle a aggravé encore davantage la pollution de l'air, et agressé la nature de ce gros bourg, par la multiplication des allers et retours de camions d'ordures. La décharge de Ben Badis a augmenté les risques de maladies des personnes exposées en permanence, à ces brouillards de fumée, qui dégradent tout l'environnement de la commune.

La commune de Ain S'mara reçoit sur deux sites différents, les ordures en provenance de la ville nouvelle, et de la ville de Constantine. Ces deux décharges qui regorgent de produits solides, et d'ordures domestiques, attirent les corbeaux, les rats, et les chiens errants qui trouvent refuge, et nourritures dans ces immenses montagnes d'ordures, qui polluent tout l'environnement, et qui augmentent les risques de maladies respiratoires chez les jeunes, et chez les personnes âgées.

La mise en décharge brute ou le déversement direct des ordures, soit sur le sol, devrait être rigoureusement interdite. Les risques d'incendies et tous les inconvénients qui en résultent (aspect repoussant, mauvaises odeurs, pullulation des rongeurs et des insectes, pollution de l'air, des eaux et du sol, etc.) ne sont plus à démontrer pour en motiver la suppression.

La préservation de l'environnement exige aujourd'hui l'installation d'une décharge contrôlée. La méthode de la décharge contrôlée implique la mise en œuvre de moyens qui évitent les principaux inconvénients énumérés précédemment. Les ordures sont mises en décharge et recouvertes ensuite d'une couche homogène de terre. La fermentation aérobie, peut avoir lieu grâce à l'air contenu dans les ordures

¹¹² Le journal el watan du 04.11.2002, rapporte d'après le secrétaire générale de l'A.P.C, qu'un trançon de 5 km sur le chemin de la wilaya n°27 est perpétuellement défoncé, éventré, et rafistolé en permanence, et que la gestion de cette gigantesque décharge intercommunale est lourde, et que les pollutions engendrées sont difficiles à régler ou à éviter.

versées en vrac. La couche de couverture les préserve des rats, des oiseaux et des insectes ; elle permet aussi le maintien de l'humidité nécessaire à la fermentation. Dans son principe, la décharge contrôlée est relativement simple. Mais, en pratique, l'exécution matérielle comporte certaines difficultés : mise en place des ordures, circulation des engins, constitution de la couverture.

Le terreau ainsi obtenu peut être utilisé ultérieurement comme amendement et engrais pour le sol. Bien que le risque de nuisance soit considérablement réduit, l'ouverture d'une décharge contrôlée est subordonnée à une enquête géologique, pour éviter la pollution des nappes souterraines par l'infiltration des eaux pluviales, et à une autorisation administrative, car il s'agit d'une installation classée pour la protection de l'environnement.

Ainsi, la recherche d'un site pour l'enfouissement des ordures ménagère pour la ville de Constantine, est une nécessité qui s'impose à court terme, si l'on ne veut pas courir le risque d'aggraver encore plus, les maladies respiratoires dans toutes ces petites villes en expansion qui entourent Constantine. *"Aujourd'hui, Constantine rejette en moyenne 600 tonnes d'ordures quotidiennement"*. (COTE .M, 2006)

La décharge de Ain S'mara située sur la route de Ain El Bey, dégage des brouillards de fumées chargés de nombreux contaminants et agents pathogènes, qui couvrent tout ce paysage composé de collines et de carrières. Dans les conditions climatiques défavorables, les fumées se répandent au ras du sol, et réduisent la visibilité. Les feux des voitures sont allumés, et la vitesse des véhicules est au ralentie.

Photo n°114 : La décharge de Ain S'mara



Source : Auteur 2007

III-4- LA POLLUTION VISUELLE ET OLFACTIVE : UNE PROLIFERATION DE REJETS QUI POLLUENT L'ENVIRONNEMENT

La pollution visuelle et olfactive concerne toutes les nuisances qui contribuent à dénaturer l'environnement, dérangent la vue, et affectent, le domaine de l'odorat. La pollution olfactive a un impact psychologique négatif sur les populations exposées en permanences aux émanations putrides, et nauséabondes

des décharges d'ordures, d'eaux usées qui stagnent, ou de fumées malodorantes de certaines unités, et fabriques installées au voisinage des unités d'habitation.

A Constantine, tout l'environnement situé au voisinage des oueds du Rhumel et du Boumerzoug, où sont installées des unités industrielles et fabriques, des maisons en état de dégradation avancée, des bidonvilles, et de l'habitat précaire, est dénaturé par toute sorte de rejets qui transforment ces lieux en milieu malsain. Tous les objets solides (pneus de véhicules, tôles, fûts, bidons, arbres arrachés, gravats des constructions, terre végétal enlevée lors des terrassements, et autres objets encombrants), sont jetés sur les berges, ou dans les lits des oueds. Ces rejets aggravent le phénomène de la pollution visuelle en transformant ces lieux en poubelle. (photo n°112)

Photo n° 115: **Rejets d'objets solides dans Oued Rhumel**



Source : Auteur 2006

Photo n°116 : **Rue envahie par les rejets d'ordures**



Source : Auteur 2007

Dans tous les quartiers de la ville, les ordures domestiques sont exposées de jour comme de nuit, devant les immeubles d'habitations, et l'installation tardive des poubelles par les services d'hygiène de la ville, dans certaines rues, et quartiers de Constantine, n'a pas empêché la présence des rejets sur les trottoirs et les rues. (photo n°113)

Difficile à Constantine de retrouver des quartiers régulièrement nettoyés, ou des rues propres. Partout du carton d'emballage, et des sacs en plastiques, que le vent soulève et emporte. Le manque de nettoyage, et de lavage des rues, et des trottoirs, engendre souvent un dépôt d'ordures, de poussières, de boue, et de feuilles mortes qui jonchent le sol.

Le vent, élément climatique important qui assure le changement d'air, et la ventilation, devient alors un moyen qui assure le déplacement des feuilles, des sacs

en plastiques, et des poussières d'une zone vers une autre. C'est toute la ville de Constantine qui est envahie par les rejets solides.

Le manque de sensibilisation de la population en matière de gestion des déchets, a entraîné une accumulation de quantités importantes de déchets dans des endroits non contrôlés d'où la prolifération de décharges sauvages à travers les différents quartiers de la ville, illustrées dans le tableau ci-après.

Tableau n° 11: Les décharges sauvages à Constantine

Communes	Secteur urbain	Localisation	Nbre	Surface Occupée En m ²	Autres Informations utiles
	Les mûriers	- 5 ème Km – ONAMA - Route Sissaoui - Av. Roumani	03	2500 m ² 50000 m ² 300 m ²	Déchets divers (ménages gravats), Talus
	Bellevue	- Derrière immeuble du ciloc - Def Cheddad - Cité des combattants - Derrière Casorec	04	1000 m ² 700 m ² 200 m ² 200 m ²	Talus
	Boudraa Salah	- Descente Benchergui - Route d'El Menia - Salah Bey - Benchergui	04	600 m ² 20000 m ² 20000 m ² 1000 m ²	Entrée de la ville, Talus
Constantine	Sidi Mabrouk	- Boulevard de l'Est - Mansourah (bidon villes)	02	500 m ² 600 m ²	//
	Sidi Rached	- Route corniche - Sidi M'cid - Terrain Kaidi Abdellah - Vieille ville (Souika)	03	10000 m ² 800 m ² 500 m ² 1000 m ²	Entrée de la ville // Talus
	El Kantara	- Monument aux morts		400 m ²	//
	5 juillet	- Cité Boussouf (3ème tranche) - Zone industrielle (Palma)	02	300 m ² 250 m ²	//
	Ziadia	- Sakiet Sidi Youcef - Djbel Ouehch	02	400 m ² 800 m ²	//
	El-Gammas	- Gammas (Nouveau) - Gammas (Ancien) - Route El Meridj	03	5000 m ² 5000 m ² 6000 m ²	//
	RN N°05 RN N°03	Vers Ain Smara Vers Bekira		1000 m ² 1000 m ²	Entrée de la ville, Entrée de la ville

Source : Inspection de l'environnement de la Wilaya de Constantine 2003

A Constantine, les marchés, et les souks mal entretenus, sont une autre source de pollution microbienne, visuelle, et olfactive. Tous les restes laissés par les commerçants: cartons, sacs en plastique, poissons, légumes et fruits invendus, ne font qu'augmenter les nuisances, par les odeurs putrides de ces produits qui pourrissent à l'air libre. Aucune règle d'hygiène environnementale n'est respectée, et plus aucune disposition n'est prise pour assurer l'assainissement de ces lieux transformés en poubelles. (photo n° 114 et 115)

Photo n°117 : Carton d'emballage et sac en plastique laissés par les commerçants



Source : Auteur 2007

Photo n° 118: Les rejets de commerçants dans un souk



Source : Auteur 2007

En plus des rejets domestiques que l'on voit dans toutes les rues, dans toutes les Z.H.U.N, dans tous les quartiers de Constantine, au voisinage des unités d'habitations, sur les berges des oueds, le long des routes nationales, et dans les espaces boisés transformés en poubelles, il y a

Photo n°119 : La ferraille de Constantine

aussi, le problème de cette immense décharge à l'entrée de la ville de Constantine qui reçoit, toutes les carcasses de voitures datant de la période coloniale, appelée communément "la ferraille".



Source : Auteur 2007

Un projet de désaffectation prévoit dans ce vaste espace des installations sportives.

La situation en matière d'hygiène environnementale est aujourd'hui caractérisée par :

- l'absence d'une volonté politique pour prendre des mesures en vue de valoriser une partie de ces résidus urbains, et éliminer les nuisances qui affectent gravement la santé des populations,
- le manque de moyens humains et matériels,
- l'absence de la participation des citoyens dans cette opération d'hygiène du milieu urbain,
- le manque de formation du personnel des collectivités locales chargé de ces tâches qui font toujours appel à une main d'œuvre ne nécessitant pas de qualification particulière,

- la pratique de techniques anciennes, qui s'avèrent aujourd'hui inappropriés sur le plan écologique, et sanitaire.

Tous ces facteurs augmentent de façon dommageable, la pollution visuelle, et olfactive, et ne permettent donc pas à Constantine, d'être une ville propre.

Dans les perspectives d'avenir les sites de vallées qui constituent les meilleures terres agricoles de Constantine, pourront devenir un lieu de production de cultures maraîchères, ou de pépinières, spécialisées dans la production de plants nécessaires, à l'embellissement de toute la ville de Constantine. La résorption de l'habitat précaire, et la désaffectation de certaines unités polluantes situées sur les terrasses d'alluvion des oueds Rhumel, et Boumerzoug, pourront faire bénéficier Constantine, de quelques centaines

Photo 120 : La vallée du Boumerzoug : un site à préserver



Source : Auteur 2006

d'hectares grignotés par l'urbanisation anarchique sur ces sites de vallée, que les paysagistes, et les architectes aménageront en un pôle de verdure.

Conclusion

Qu'ils proviennent de l'activité domestique, de la production agricole ou industrielle, les déchets sont à la fois un risque pour l'homme et l'environnement, et un gaspillage de ressources pour le pays.

Les déchets constituent une mine de matières premières. Leur rejet dans la nature pose de sérieux problèmes d'élimination compte tenu du volume qui se répand un peu partout dans la nature, et qui ne cesse de croître en quantité, en nocivité et complexité.

La toxicité de certains composés chimiques générés par la combustion à l'air libre des rejets domestiques et industriels, métaux lourds, produits ferreux, produits organiques, que l'on dépose dans les décharges, polluent le sol, et augmentent la concentration des gaz nocifs dans l'air que nous respirons, et contaminent les nappes phréatiques.

Aux impacts écologiques, économiques, et environnementaux, une bonne exploitation des déchets, est une source non seulement de création d'emploi mais aussi de réalisation d'investissements.

Le recyclage réduit la dépendance en matière d'approvisionnement de matière première, et minimise l'énergie à consommer.

La prise en charge des rejets domestiques et industriels est une exigence environnementale et sanitaire. Le recyclage des rejets solides réduit en volume les rejets que l'on brûle dans les décharges, et l'incinération permet une meilleure valorisation des déchets en produisant des énergies pour le chauffage ou l'électricité.

CONCLUSION DE LA TROISIÈME PARTIE

L'Algérie a depuis son indépendance en 1962, investi dans une économie axée sur l'amélioration du niveau de vie des populations sans intégrer, dans sa démarche de développement, le facteur environnemental. Beaucoup d'efforts ont été accomplis pour améliorer la santé publique du citoyen, mais beaucoup de retard pour assurer la collecte, l'évacuation, et le traitement des déchets liquides et solides restitués par la ville.

L'étude de la pollution, et des nuisances environnementales dans l'agglomération de Constantine nous a permis d'une part, de situer les difficultés du site de cette métropole qui a rempli totalement son périmètre d'urbanisation, et d'autre part de prendre conscience des problèmes des décharges et des carences en assainissement.

A l'échelle de la ville de Constantine, le problème de la pollution est posé en termes d'assainissement qui intensifie la pollution visuelle et olfactive, de décharges qui brûlent, et d'expansion des habitations précaires et insalubres.

Les décharges fumantes situées à l'entrée des villes, les déchets d'origine domestique qui dégagent des odeurs putrides, la pollution des oueds qui transforme en égout ces réceptacles naturels qui traversent la ville, ont sensibilisé les chercheurs, les responsables, et les citoyens sur la dégradation du cadre de vie.

Des opérations sont en cours de réalisation pour améliorer les conditions environnementales et sanitaires des populations, et des actions sont à entreprendre pour assainir tout le groupement de Constantine, en éradiquant toutes les habitations précaires, et en introduisant plus de verdure dans la ville.

Références

- [1] DUPUY.G, 1983 : "Urbanisme et technique, C.R.U, Paris, p125
- [2] TRELAÛN.B, 1983 : "Water sans eau: alternative au tout-à-l'égout", Paris, p12
- [3] MUINFORD.L, 1964 : "La Cite à travers l'histoire», p 278
- [4] DUPUY.G, 1983 : "Urbanisme et technique, C.R.U, Paris, p195
- [5] SATIN. M, et SELMI. B, 1999 : "Guide technique de l'assainissement", Le Moniteur, Paris, 2^e éd. 1999, p 21.
- [6] FARUQUI. N, et al, 2005 : "La gestion de l'eau selon l'islam", édition KARTHALA, les presses universitaires des Nations Unies, CRDI Karthala, Paris, p 115
- [7] DUPUY.G, 1983 : "Urbanisme et technique, C.R.U, Paris, p27
- [8] MIQUEL.G, 2003 : "Effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé", Paris, p24
- [9] BERDOULET.V, et al, 2002 : "L'écologie urbaine et l'urbanisme" édition la découverte, Paris, P268
- [10] ELLISALD. N, 1994 : "Les germes pathogènes dans les boues résiduaires des stations d'épuration. Publication" ADEME, p 90
- [11] SATIN. M, et SELMI. B, 1999 : "Guide technique de l'assainissement", Le Moniteur, Paris, 2^e éd. 1999, p 81
- [12] COURAUD. R, 1969 : "Cours d'Assainissement Urbain", tome 1, p 40.
- [13] PUIL C, 1998 : "L'évaluation environnementale, le développement durable et la ville". Paris, p 13
- [14] FARUQUI. N, et al, 2005 : "La gestion de l'eau selon l'islam", édition KARTHALA, les presses universitaires des Nations Unies, CRDI Karthala, Paris, p 34
- [15] KALLEL.M, 1990 : "Efficacité des stations d'épuration dans la dégradation des graisses", L'EAU 3, p145
- [16] SATIN. M, et SELMI. B, 1999 : "Guide technique de l'assainissement", Le Moniteur, Paris, 2^e éd. 1999, pp 377-378
- [17] COURAUD.G, 1969 : "Cours d'Assainissement Urbain", tome 1, p 91
- [18] SATIN. M, et SELMI. B, 1999 : "Guide technique de l'assainissement", Le Moniteur, Paris, 2^e éd. 1999, p 392
- [19] idem p 439
- [20] GAID. A, 1984 : "Épuration biologique des eaux usées urbaines", tome 2, O.P.U, Ben Aknoun Alger, pp 41-42
- [21] GUENARD.J et SULLE.C, 1999 : " L'énergie électrique au service de l'environnement", LA TECHNIQUE MODERNE N°5-6-7, pp 31-40
- [22] FARUQUI. N, et al, 2005 : "La gestion de l'eau selon l'islam", édition KARTHALA, les presses universitaires des Nations Unies, CRDI Karthala, Paris, p 175
- [23] Idem, p 207
- [24] KREISEL.W, 1999 : "La salubrité de l'environnement", brochure de l' O .M.S n°27, Paris, P 30
- [25] DUPUY.G, 1984 : "Villes, systèmes réseaux. Le rôle historique des techniques urbaines", Les annales de la recherche urbaines, n° 23-24, p27
- [26] O.C.D.E., 1991 : "L'État de l'environnement"
- [27] INERIS/ADEME, 2003 : "Facteurs d'émission de polluants de feux simulés de forêt et de décharge", p17.

- [28] KING. P, 2001 : "Le compostage. Bulletin d'information sur la technologie du recyclage, laboratoires des mines et des sciences minérales", Ministère des ressources naturelles du Canada. P 17
- [29] LIANG.D.T, 2001 : "La conversion des déchets en énergie : un sujet brûlant". Bulletin d'information sur la technologie du recyclage, laboratoire des mines et des sciences minérales, Ministère des ressources du Canada, p 10
- [30] CHAOUCHI, H, 2000 : "Les modalités techniques potentielles de traitement, tendances internationales. Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets solides, Alger, Deutsche Gesellschaft fur technische Zusammenarbeit (GTZ) pp140-151
- [31] idem
- [32] MIQUEL. G, 2003 : "Effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé", Rapport 261 (2000-2001) de l'office parlementaire français d'évaluation des choix scientifiques et technologique, Paris. P 45
- [33] MEBARKI.A et BENCHEIKH-LEHCINE.M, 1997: Source et charge de pollution dans le bassin du Kébir – Rhumel (Algérie orientale), Revue des sciences de la Terre et de l'Aménagement n°5, pp
- [34] idem
- [35] MATEI. B et PASCU.U, 1974 : " Pollution et protection de l'atmosphère, Ed Eyrolles, Paris, p307.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'ère industrielle du début du 19^e siècle a permis des évolutions graduelles dans le secteur du transport, de l'agriculture, et de l'industrie. Elle est sans doute celle qui a aggravé le plus, la pollution de la Terre dans des proportions dramatiques, à la fois par son intensification, et par son extension géographique. Pollution de l'air, de l'eau et du sol, ont depuis cette période, empoisonné toute la Terre, et bouleversé les rapports de l'homme à son environnement.

Notre première hypothèse qui suppose que les risques de la pollution se sont aggravés à l'échelle planétaire en raison du développement industriel qui a négligé pour longtemps la dimension environnemental, nous a conduit à étudier l'atmosphère terrestre en tant que milieu fragile qui compromet l'avenir de l'Homme et de nombreux écosystèmes, et d'évaluer les effets des polluants sur l'homme, la faune et la flore.

La première partie de notre travail explique comment la production de plus en plus importante de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, méthane, et vapeur d'eau), a provoqué d'importants changements climatiques, qui ont fait de la pollution un danger pour toute l'humanité à travers : l'augmentation des sécheresses, la diminution les précipitations, la multiplicité des inondations, la menace d'extinction d'une multiplicité d'espèces animales , la disparition des neiges, la réduction de la surface des glaciers, etc.

La première partie de notre thèse nous a permis donc d'être plus sensibilisé aux problèmes des modifications climatiques, et aux conséquences qui pourront se réaliser suite à l'élévation des températures qui va permettre à certaines maladies infectieuses et parasitaires endémiques de s'étendre.

De l'avis de nombreux experts, la fonte des glaciers, et la dilatation de l'eau de la surface des océans provoqueront une augmentation du niveau des mers, et du débit de certains cours d'eau, ce qui submergera des zones qui étaient jusqu'ici à l'abri des inondations. Dans certaines zones du globe, on assistera plutôt à la diminution des ressources en eau, et en aliments.

L'Algérie qui fait partie de ce monde ressentira davantage les changements climatiques qui s'exprimeront à travers la diminution quantitative et qualitative des ressources en eau, baisse des rendements agricoles, dégradation des écosystèmes, assèchement des oueds. Les zones arides et semi arides risquent d'être confrontées à des changements climatiques sensibles qui pourront bouleverser l'ensemble des

régions céréalières et d'élevage. Les problèmes de la désertification risquent de s'intensifier ce qui nous impose d'attacher une attention particulière à ce problème écologique planétaire, et de s'impliquer davantage sur les problèmes qui agressent l'environnement.

La question se pose maintenant de savoir si l'activité humaine va compromettre le fragile équilibre qui règne dans l'atmosphère terrestre par l'augmentation du gaz carbonique, et du méthane rejetés dans l'atmosphère sans oublier l'utilisation des CFC, et d'autres produits contribuant à l'effet de serre.

Le souci de vérifier notre seconde hypothèse qui présume que l'urbanisation et l'industrialisation, intensifient la pollution et dégradent la nature et l'environnement, nous a amené à étudier dans la deuxième partie de notre thèse, la croissance et le développement de Constantine. C'est en nous appuyant sur la réalité du terrain, que ce travail expose à partir d'une lecture de l'espace urbain, les problèmes qui nous préoccupent en tant qu'architecte urbaniste. Ces derniers sont générés par une urbanisation accélérée qui a marqué radicalement les sites et les paysages par le volume des constructions, par leur mode d'implantation, et par les pratiques utilisées. La deuxième partie de notre thèse apporte un éclairage sur les dangers qui menacent la durabilité des constructions à Constantine, et explique comment les tissus anciens se dégradent et subissent les effets d'une urbanisation incontrôlée qui a généré une multiplicité d'entités hétéroclites qui agressent la nature et l'environnement.

Nous avons par ailleurs, essayé de montrer que les problèmes de la pollution environnemental, du développement spatial, et du dysfonctionnement urbain, se sont amplifiés en raison de la construction massive des grands ensembles sous forme de ZHUN, et de lotissements de terrains privés qui ont fait l'objet d'une friche alimentant le marché foncier parallèle.

Les problèmes environnementaux se sont amplifiés davantage avec l'installation de grands complexes industriels qui ont contribué largement à l'étalement de la ville et à sa dégradation en multipliant à la périphérie, la construction des habitations illicites et précaires exposées au risque des glissements, et des inondations.

Constantine qui était à la recherche de plus en plus de terrains constructibles pour ses besoins de production massive de l'espace urbain, imposera l'application de nouveaux instruments d'urbanisme P.D.A.U et P.OS, et l'annexion des communes de Ain S'mara, el Kroub, Didouche Mourad, et Hamma Bouziane.

Cette vision nouvelle du groupement de quatre villages d'origine coloniale avec la ville de Constantine, est venue comme réponse au problème de l'extension de la ville qui se fait dans toutes les directions, et comme solution au report de la croissance de Constantine sur les anciens noyaux coloniaux.

Le projet de Ville Nouvelle, dans les travaux ont démarré en 1993, s'inscrit dans le cadre des prescriptions du plan d'urbanisme directeur du groupement de Constantine, qui prévoit par ailleurs la récupération des sites de vallées occupées par des habitations précaires.

Contrairement aux objectifs fixés par les différents instruments de planification et d'urbanisme, qui prévoyaient que le périmètre d'urbanisation de Constantine doit être figé sur ses limites afin d'atténuer l'hypertrophie de la ville, Constantine a continué à consommer davantage de terres agricoles, à bouleverser la forme et la structure de la ville, à développer des zones d'habitat sans équipements d'accompagnement, et à polluer l'environnement par :

- La prolifération de quartiers insalubres, "bidonvilles et taudis", installés dans les zones les plus sensibles aux glissements,
- Une expansion des constructions illicites en dur où les carences en assainissement, transforment les sites construits et les milieux naturels, en égout et décharge,
- Un développement anarchique, où tout se fait dans le désordre, et le laisser aller,
- Une densification des tissus anciens mal entretenus, qui se dégradent de plus en plus.
- La création de centaines de lotissements dont, les constructions sont restées toujours inachevées, et parfois non raccordées au réseau de la ville,
- La construction des grands ensembles qui étouffent la ville,
- Une dynamisation du secteur informel qui accélère la transformation des tissus anciens, en installant de plus en plus de commerces qui drainent de plus de plus de personnes et de véhicules vers la ville,
- L'élargissement du parc automobile qui rend encore plus difficile la fluidité de la circulation, et le stationnement dans la ville,
- et enfin par la prolifération de décharges sauvages qui agressent les sites et les paysages.

Notre inquiétude de vérifier notre troisième hypothèse qui suppose que l'abondance des rejets liquides dans la nature, et la multiplication de décharges qui regorgent de produits aggravent le phénomène de la pollution à Constantine, nous a permis après constat et analyse, de montrer que les déchets urbains constituent l'une des principales sources de dégradation de l'environnement.

Les déchets solides des ménages constitués d'emballages en papier, en matière plastique, en verre, mais aussi en reste alimentaires, renferment toutefois des matières dangereuses telles que les médicaments, les peintures, des produits de nettoyage, ..., ce qui rend leur gestion plus difficile.

Les ordures brûlées dans les décharges sauvages, et les décharges communales libèrent dans l'atmosphère d'importantes quantités de poussières, de métaux lourds (plomb, mercure, zinc, etc.) et de gaz chlorhydrique (HCl) extrêmement polluants.

Les déchets non collectés et non traités, ont des conséquences graves sur la santé. Ils changent l'aspect extérieur des sites construits et naturels, et dégradent les paysages. Les nuisances aggravent la dégradation du cadre de vie.

Dans la ville de Constantine, et partout ailleurs dans toute l'agglomération, les ordures s'entassent sur les bordures de routes, les immondices s'accumulent sur les trottoirs, ou dans les regards d'assainissement. L'insalubrité prend des dimensions inquiétantes dans tous les sites où prolifèrent les habitations illicites. Tous les milieux sont altérés par les rejets solides que la nature ne peut éliminer.

Que se soit au niveau du ramassage ou dans celui de l'évacuation, et de l'élimination, la plupart des agglomérations urbaines et rurales de la wilaya de Constantine éprouvent de grandes difficultés dans la gestion de leurs déchets.

En moins d'une décennie, l'amélioration des conditions de vie et de consommation des habitants, ont augmenté d'environ le double, le volume des rejets solides. Entassés dans les décharges situées généralement sur des terrains perméables, ou éparpillés dans la nature, les ordures ménagères peuvent entraîner la contamination des nappes d'eaux, des eaux superficielles, des eaux souterraines, et des sols. Les décharges à ciel ouvert, sont un vrai bouillon de culture de microbes pour toutes sortes de maladies.

Les ordures ménagères posent problème de leur élimination, et de leur valorisation. Les rejets industriels et hospitaliers posent problèmes de leurs éliminations, ou de leurs stockages après que leur toxicité a été neutralisée au maximum.

La valorisation des déchets en prolongeant leur vie utile en les recyclant est à un stade encore primaire. Le verre, le papier carton, et les plastiques qu'on récupère pour les traiter représentent une part insignifiante de la quantité des rebuts envoyés tels quels à la décharge. A terme, le système de collecte traditionnelle doit donc disparaître. La collecte sélective se fera en équipant les foyers de poubelles servant à séparer les matières putrescibles humides (épluchures, fruits, légumes) des déchets secs (tels que les emballages boîtes de conserve, pots de yaourt, bouteille en plastique, verre, etc.).

La récupération et la valorisation des déchets, sont des objectifs économiques essentiels qu'il faudrait atteindre dans les prochaines années. Mais en attendant que cela se réalise, c'est le secteur informel qui est avancé.

Le compostage des ordures ménagères que nous aurons débarrassé de tous les produits recyclables, constitue non seulement un moyen de traitement des déchets ménagers mais aussi un moyen de récupération, et une stratégie efficace de recyclage qui permet de transformer en ressources précieuses, des matières organiques impossibles à recycler autrement.

Tout comme le rejet des produits solides qui dénaturent l'environnement, les rejets liquides ont créé rupture d'équilibre écologique dans la ville de Constantine où le rythme de la croissance est accéléré. Pour cause de carences en assainissement les milieux récepteurs des rejets de l'activité humaine subissent des altérations, par les eaux putrides qui intensifient la dégradation du cadre de vie, et augmentent les risques de la pollution qui affecte la santé des populations.

Une bonne partie des oueds est transformée en égout naturel, par des entités urbaines qui ne sont pas raccordées à l'égout de la ville, ou par des constructions illicites installées sur des terrains impropres à l'urbanisation. Les installations industrielles aggravent encore plus le problème.

Les eaux usées d'origine domestique non traitées, et non canalisées provoquent la fragilisation des sols, qui fait subir aux constructions des dégradations. Les eaux usées menacent d'effondrement les routes, les ponts et les constructions. Le ruissèlement des eaux et leur infiltration déstabilisent l'état naturel des sols, et amplifient les glissements. Les eaux stagnantes qui contiennent toutes sortes de bactéries forment des lieux de reproduction des moustiques, et assurent l'irrigation des cultures maraichères.

Fissuration, tassement des fondations, inclinaison des constructions, effondrement des voies et d'ouvrages de génie civil, éboulements, mais aussi contamination des eaux, sont les conséquences de la vétusté du réseau et des carences en réseau d'assainissement. Destruction de nombreux paysages, transformation de nombreux quartiers en zones inondables, accélération des mouvements de masse, et dégradation de l'hygiène en milieu urbain, sont autant de préoccupations qui nous inquiètent.

Inondations des routes, submersion des habitations, dommages et destructions des ouvrages d'assainissement, sont les conséquences d'une mauvaise gestion et de l'absence d'entretien des réseaux. Le manque de drainage des eaux pluviales, et des eaux d'origine domestique, déstabilisent l'équilibre fragile des constructions qui se dégradent, et accélèrent le phénomène d'érosion.

La volonté d'assainir les oueds transformés en égout par plus de 93 rejets sauvages qui déversent des milliers de tonnes de rejets liquides chargés de nombreux agents pathogènes, de relier au réseau de la ville de nombreux quartiers, de protéger les ressources en eau des effets de rejets d'eaux polluées, et de préserver les eaux du barrage de Beni Haroun de toute forme de pollution, a permis l'installation d'un système de canalisation, la construction d'un ouvrage d'assainissement exceptionnel nommé puits VORTEX, et d'une station d'épuration. Aujourd'hui, les eaux épurées, débarrassées de la pollution sont directement transportées dans des collecteurs, puis rejetées dans l'oued Rhumel, plutôt que d'irriguer les terres agricoles, ou d'être stockées pour constituer des réserves.

En attendant la réalisation des bassins pour le stockage des eaux épurées, et de leur réutilisation dans le secteur de l'agriculture, de nombreux rejets d'eaux usées continuent d'être déversés dans l'ensemble des oueds et chabets qui sillonnent l'agglomération de Constantine.

Le déficit en eaux restituées à la station d'épuration a des conséquences néfastes sur l'homme et l'environnement. Les causes sont diagnostiquées " non achèvement du réseau d'assainissement, déperdition au niveau des canalisations, vétusté du réseau, et manque d'entretien", mais en attendant une meilleure gestion et un meilleur entretien du réseau, les eaux noires débordent des regards transformés en poubelles où l'on déverse toutes sortes de rejets solides, et les canalisations endommagées depuis de longues dates déversent les eaux nuisibles dans la nature et entre les constructions.

La ville de Constantine qui s'est doté d'une ligne téléphérique qui part de la rue Tatache (ex-rue Thiers) jusqu'à la cité Emir Abdelkader (ex-faubourg Lamy), d'un projet de tramway, et d'un projet de construction d'un nouveau pont¹¹³ au sud de la Médina pour désenclaver une partie majeure de la Commune, mais aussi pour développer un nouveau quartier à caractère administratif et de tertiaire supérieur sur le site du Bardo, ne peut réussir le pari de faire de Constantine une ville propre et touristique sans régler définitivement le problème de l'assainissement des eaux usées, et de la collecte des ordures, du tri des déchets, de leur récupération éventuelle, et de leur traitement, de soigner le cours des rivières en mettant en œuvre un recalibrage et des protections des berges des oueds par des plantations ou par enrochements, d'entretenir les paysages, et de traiter les pollutions industrielles. En attendant la réalisation de ces grands projets, la priorité dans le très court terme est d'éradiquer toutes les entités urbaines illicites et précaires, qui ont agressé la nature et pollué l'environnement.

¹¹³ Le nouveau pont d'une longueur de 1150 m et d'une largeur de 20 mètres, permettra de faire la jonction entre le vieux rocher et les hauteurs du Mansourah qui desservent pratiquement toute la partie Sud de la ville et particulièrement la grande cite de Sakiet Sidi Youcef et ses prolongements vers Ziadia, Djebel El Ouahch, Daksi et Oued El Had.

Éléments bibliographiques

ABDERREZAK. S, 2000 : "Gestion des déchets solides en Algérie". *Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets solides*, Alger, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) pp 31-34.

AGUILAR. M, 2002 : "Réduction de la pollution de l'air" *INFO Project, Centre for Communication Programs, The John Hopkins Bloombergs School of Public Health, USA*, Volume XXX, Numéro 4, Série M.

ANDRE MASSON, 2002 : " Réseaux d'assainissement" édition le seuil, Paris, 151p

ANDRE GAMBLIN et al 1998, L'érosion entre nature et société, édition SEDES, 343p

ARCHER Bernard, DROUET Dominique, 1994.: "La ville et l'environnement. 21 expériences à travers le monde". Paris, Institut national de génie urbain de Lyon, Polytechnica, - 173 p.

ARNAUD (M.-T.), GAUTIER (D.), 1996: "Impact d'événements spatiaux passés dans le paysage de Gabriac (Cévennes)", in *Le paysage, pour quoi faire ?*, Actes Avignon 3/1996, Laboratoire Structures et Dynamiques Spatiales, Université d'Avignon, pp. 31-39.

MEBARKIA et BENCHEIKH-LEHCINE.M, 1997: Source et charge de pollution dans le bassin du Kébir – Rhumel (Algérie orientale), *Revue des sciences de la Terre et de l'Aménagement* n°5 ,

BAILLY A., BEGUIN H., 1982: " Introduction à l'analyse de l'espace", Masson, Paris.

BARBIER J. C., DELPECH B., GIRAUT F. 1995: "Développement et autonomie des villes secondaires dans le tiers monde" in *villes en parallèles*, centre ORSTOM Ile-de-France N° 22, pp 17- 36.

BASTRENTA (B.), GODRON (M.), HUBERT (D.), 1986: "Simulation du fonctionnement d'un système de gestion des ressources renouvelables : cas d'une exploitation agricole de la "Réserve de la Biosphère des Cévennes" sur le Causse Méjean". Rapport final de l'Atelier de Florac, MAB France : 36-41.

BEAUD, M., 1999: "L'art de la thèse". Ed.Casbah, Paris, 172p.

BEAUJEU-GARNIER, J. 1980: "Géographie urbaine", Armand Colin, Paris. XXI^e siècle", P.U.F., Paris.

BENACHOUR, K.E, 2003 : Les déchets ménagers et assimilés dans la commune de Constantine : enquête, évaluation, et perspective, mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Ecologie.

BENIDIR.F 2003 : CONSTANTINE : "Ville fragmentée, ville perturbée" dans *VILLE EN PARALLELE* n°36/37, pp289-315

BENDJELID, A., 1986: "Planification et organisation de l'espace en Algérie". OPU, Alger, 134 p.

BERDOULET.V et SOUBEYRAN.O, 2002: "L'écologie urbaine et l'urbanisme" édition la découverte, Paris

BEZZER. A, 2000 : Centres de stockage contrôlés : confinement des déchets solides *Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets solides*, Alger, Deutsche Gesellschaft fur Techniste Zusammenarbeit (GTZ), p.161

BISSON.M, 1986 : " Prendre conscience de la pollution atmosphérique", Secrétariat d'Etat à l'environnement, 29p

BOUAROUDJ. N, 2002 : Magister : Etat de l'environnement urbain et prémisses de développement urbain durable en Algérie – Vers une lecture écologique de Constantine- Université de Mentouri Constantine.

BOUGHAZI. M.A, 2000 : *Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets solides*, Alger, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ), p 10.

BOUHENNI (1997) "Les principales caractéristiques de l'évolution de l'architecture et de l'urbanisme en Algérie", revue Sciences et Technologie n° spécial Architecture et génie civil Université de Constantine

BOUREGHDA. A, 1998 : "Perspective de développement des espaces verts dans l'agglomération de Constantine". Thèse de magister Université de Constantine

BOUMAZA. Z, 2003 : " Annaba : Libéralisation du marché et dualité publique et privée", *VILLE EN PARALLELE* n°36/37, pp 177-195

BRODHAG Christian, 1998 : " Le développement durable et la bonne gouvernance", Atelier Agenda 21 local, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 21 avril.

BRULE, J.C. et FONTAINE, J., 1990: "L'Algérie, volontarisme étatique et aménagement du territoire", OPU, Alger.

BRUNET. R, BRODHAG. C, GODARD. O, 1997: "Territoires et développement durable". in *Pouvoirs locaux* n° 34, 1997.- pp.17-38.

BURGEL G., 1987: "Villes en parallèle; villes secondaires d'Afrique" Univ. Paris, Ed. Medha, 233p

BURGEL, G., BARBIER, J.C. et DELPECH, B., 1995: "Villes en parallèle : villes secondaires d'Afrique". Labo de géographie urbaine, Paris, 233 p.

BURGEL G, 1987 : " Convergences algériennes" , *VILLE EN PARALLELE* n°36/37, pp 9-14

CHAOUCHI.H. 2000 : "Les modalités techniques potentielles de traitement, tendances internationales. Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets solides, Alger, Deutsche Gesellschaft fur technische Zusammenarbeit (GTZ) pp140-151

CHALINE C., 1990: "Les villes du monde arabe". Ed Masson, Paris, 183p.

CHOAY, F, 1982 : " L'allégorie du patrimoine", édition le seuil, Paris.

CLAVAL, P 1978: "Espace et pouvoir" Ed. P.U.F, Paris, 257p.

CLAVAL, P. 1981: "La logique des villes". essai d'urbanologie. Paris, LITEC, 623p. Collectif sous la direction de K. MECHTA, 1991: "Maghreb, Architecture, Urbanisme : Patrimoine, tradition et modernité". Ed. Publi. Sud, Paris, 207 p.

COLLECTIONS STATISTIQUES, 1992: "Evolution des agglomérations, 1966, 1977, 1987". Coll. N° 38, Ed. ONS, Alger, 208p.

COMMISSION EUROPEENNE. GROUPE D'EXPERTS SUR L'ENVIRONNEMENT URBAIN, 1996: "Villes durables européennes "; Rapports, 1994 et 1996

COSTI Alexandra, 1995: "L'évaluation environnementale, le développement durable et la ville". Paris, Ministère de l'environnement, 93 p.

COURAUD.R, 1969 : "Assainissement Urbain", tome 1, Paris, 160 p.

COTE. M. 1986: "La petite ville et sa place dans le développement algérien" in petites villes et villes moyennes dans le monde Arabe.URBAMA, 16-17, pp 699-714.

COTE. M. 1981: "Mutations rurales en Algérie: cas des hautes plaines de l'Est" Ed. O.P.U, Alger, 159 p.

COTE. M. 1996: "L'Algérie". Ed.Masson/Armand Colin, Paris, 254 p.

COTE. M., 1988: "L'Algérie ou l'espace retourné". Ed. Flammarion, 362 p.

COTE. M., 2006 : " Constantine – cité antique et ville nouvelle-" Médias Plus

COTE. M 2008 : "Pays, Paysages, paysans d'Algérie", Ed Média-Plus, 282p

DAHMANI, M., 1984: "Planification et aménagement du territoire, quelques éléments théoriques et pratiques". Ed. O.P.U, Alger, 278 p.

DEKKAR, F., 1993: "Gestion des villes, la bidonvilisation légalisée" In El Watan 15/02/93 pp 22

DELEAGE Jean-Paul, 1995: "L'avenir des villes". in Ecologie politique n° 13, printemps 1995.- pp.31-36

DESACHY. C, 1996 : *Les déchets : sensibilisation à une gestion écologique, Techniques et documentation, Paris, p 81.*

DONADIEU P. 1998: "Campagnes urbaines", Actes SUD, Ecole Nationale Supérieure du Paysage, 219 p.

DUPUY.G, 1983 : "Urbanisme et technique, C.R.U, Paris,

DUPUY.G, 1984 : "Villes, systèmes réseaux. Le rôle historique des techniques urbaines", Les annales de la recherche urbaines, n° 23-24

DUVIGNEAUD.P 1974: La Synthèse Ecologique, édition DOIN, PARIS, pi 23

DUCHENE.N, 1991 : Les mousses biologiques. Premier résultats par le Gis mousses, T.S.M L'EAU 3, p. 139

EMELIANOFF Cyria, 1995: "Les villes durables : l'émergence de nouvelles temporalités dans les vieux espaces urbains". in Ecologie politique n°13, 1995.- pp.37-58

EDMOND DECAMPS et PATRICK TOUBON, 1998, "Press Universitaire de France, 123p

ELLISALD N. 1994 : "Les germes pathogènes dans les boues résiduaires des stations d'épuration. Publication" ADEME, Paris.

FARUQUI. N, et al, 2005 : "La gestion de l'eau selon l'islam", édition KARTHALA, les presses universitaires des Nations Unies, CRDI Karthala, Paris, 207p

JEAN PIERRE VIGNEAU, 1996 : " L'eau atmosphérique et continentale", les presses de l'imprimerie CHITAT, Paris, 187p

JEUDY. H.P, 1989 : "Patrimoine, Stratégies de la conservation du patrimoine", édition DRI STRETIE, Paris

GAID. A, 1984 : " Épuration biologique des eaux usées urbaines", tome 2, O.P.U, Ben Aknoun Alger, p234

GAIDON, A. 1986: "Rôle et place des petites villes dans la dynamique du système urbain Algérien. In petites villes et villes moyennes dans le monde arabe. URBAMA.

GHORRA-GOBIN, C., 1994: "Penser la ville de demain. Qu'est-ce qui institue la ville? Ed. Harmattan, Paris, 266p.

GIOVANNONI.G, 1998 : "L'urbanisme face aux villes nouvelles", édition le seuil, Paris

GIEDION 1978, "Espaces Temps et Architecture", Editions DENOEL GONTHIER, Paris

GREDDIGK. S, 2000 : Emission des décharges et traitement des lixiviats. *Séminaire international sur la gestion intégrée des déchets solides*, Alger, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), p 155-156.

GUENARD.J et SULLE.C, 1999 : " L'énergie électrique au service de l'environnement", LA TECHNIQUE MODERNE N°5-6-7, pp 31-40

HAFIANE. A, 1989 : "Les défis à l'urbanisme", Office des Publications Universitaire de Ben Aknoun, Alger, 278p

HUBER.D, 2001 : "Manuel d'information sur la gestion des déchets solides urbains",

HAERINGER Ph, 1995: "la petite ville face au procès de mégapolisation" » in villes en parallèles, centre ORSTOM Ile-de-France N° 22, pp 59-65.

INSTITUT EUROPEEN D'ECOLOGIE DE METZ, 1994: "Bilan et perspectives pour la ville de demain", Actes du Symposium, 25-26-27 mai 1994

JEAN-YVES DANIEL et al. 1999 " Science de la terre et de l'univers", 634p

KAID TILANE. N, 2003 : "Gestion urbaine, Environnement et santé : cas de l'Algérie". *Séminaire international, Gouvernance locale et développement territorial – le cas des pays méditerranéens*, Faculté des Sciences Economique et Sciences de Gestion, Université Mentouri Constantine.

KING. P, 2001 : "Le compostage. Bulletin d'information sur la technologie du recyclage, laboratoires des mines et des sciences minérales", Ministères des ressources naturelles du Canada.

KALLEL M. et al 1990: "Efficacité des stations d'épuration dans la dégradation des graisses", L'EAU 3, p. 145

KERBACHIR et M. BELKACEM, 1984 : "Caractérisation et évolution des lixiviats de la décharge de Oued- Smar à Alger, pp615-618, T.S.M. n° 11

KHALDOUN, L 1989: "Aménagement du territoire: la maîtrise de l'espace". Revue Construire N° 31.

KHELADI, M., 1991: "Urbanisme et systèmes sociaux: la planification urbaine en Algérie". OPU, Alger, 286 p.

KNIGHT Richard, 1993: "Des villes viables pour un développement durable". in Revue internationale des sciences sociales, pp.41-76.

LA TECHNIQUE MODERNE, 1994 : "Déchets, Traitement des eaux usées", Ed La SIRPE, 1994. **Le Végétal et l'Architecture (1985), Groupe ABC, Ecole d'Architecture de Marseille Luminy N0 66841. p 14**

LAROUC. M, 1984 : "*La ville de Constantine, étude de géographie urbaine*".

LEKEHAL A. 1996: "Base économique et rôle spatial des petites villes dans l'Est algérien. Essai de typologie. Thèse de doctorat d'Etat. Constantine 371p.

[22] **LEKEHAL. A, 2003 :** "L'urbanisation en Algérie : Un essai de bilan statistique" VILLE EN PARALLELE n°36/37, pp 73-89

LIEBARD. A, DE HERDE. A, 2005 "Traité d'Architecture et d'Urbanisme Bioclimatique, Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable", Edition LE MONITEUR, 736p

LESBET DJAFFAR, 1985 : "La casbah d'Alger, gestion urbaine et vide social", Office de Publications Universitaires Ben Aknoun, Alger, 233p

LAUWERYS R., 1982, Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles

LYNCH, K., 1977: "L'image de la cité". Ed. Dunod.

LIANG.D.T, 2001 : "La conversion des déchets en énergie : un sujet brûlant". Bulletin d'information sur la technologie du recyclage, laboratoire des mines et des sciences minérales, Ministère des ressources du Canada

Le Végétal et l'Architecture 1985 Groupe ABC, Ecole d'Architecture de Marseille Luminy, n°66841

MAOUIA SAIDOUNI 2001 : "Eléments d'introduction à l'urbanisme", édition Casbah, 271p

MATEL. B et PASCU.U, 1974 : " Pollution et protection de l'atmosphère, Ed Eyrolles, Paris.

MECHTA, K. 1991: "Maghreb, architecture, urbanisme: patrimoine, tradition, modernité". Ed. Publisud, Paris, 207 p.

METL, Techniques, territoires et sociétés 1998: "De la ville à la mégapole : essor ou déclin des villes au XXIe siècle ? "

MEBARKI.A et BENCHEIKH-LEHCINE.M, 1997: Source et charge de pollution dans le bassin du Kébir – Rhumel (Algérie orientale), *Revue des sciences de la Terre et de l'Aménagement* n°5,

MIQUEL. G, 2003 : "Effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé", *Rapport 261 (2000-2001) de l'office parlementaire français d'évaluation des choix scientifiques et technologique, Paris.*

MOUGENOT. C , 2003 : "Prendre soin de la nature ordinaire", édition de la maison des sciences de l'homme, Paris, 229p

Ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire, 1995: " Demain l'Algérie". Vol.1, 2, 3 Alger, 404p.

Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 1998 : "La prise en compte du développement durable dans les directives territoriales d'aménagement".

MUINFORD.L, 1964 : "La Cite à travers l'histoire», p 278

NEURAY. G, 1982 : "DES PAYSAGES Pour qui ? Pourquoi ? Comment ?", Presses Agronomiques de GEMBOUX,

ORGANISME DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE, 1991: "Quel Avenir pour nos campagnes ? Une politique de développement rural", O.C.D.E., Paris.

PAGAND.B, SAHRAOUI .B, 1998 : URBAMA n°14, PP.109 - 123 , Université François – Rabelais TOURS.

PAGAND.B, 1989 : "La médina de Constantine (Algérie) ; de la ville traditionnelle au centre de l'agglomération contemporaine", thèse de troisième cycle, édition CIEM, Université de poitiers

PASQUIER E. 1997: "Jardiner en ville", *Annales de la recherche urbaine*, n°74.

PELLETTIER, J. et DELFANTE, Ch., 1989: "Villes et urbanisme dans le monde" Ed. Masson, Paris, 200 p.

PRENANT, A., 1978: « Aspects de la croissance relative des petits centres en Algérie » in *Urbanisation au Maghreb*, E.R.A. 706 et C.I.E.M., fasc. 3 pp123-146.

RAHMANI, C. 1982: "La croissance urbaine en Algérie, coût de l'urbanisation et politique foncière" Ed. OPU, Alger, 315 p.

ROBERT LAFFANT.1975: "La Pollution" 143p

ROBERT KANDEL est cité dans l'ouvrage la technique moderne

SEMMOUD, B., 1997: "L'armature urbaine et l'organisation régionale en Algérie. Sur le rôle particulier des petites villes et moyennes villes". *Cahiers du Gremamo*, N° 14, pp 41-54.

SATIN. M, et SELMI. B, 1999 : "Guide technique de l'assainissement", Le Moniteur, Paris, 2^e éd. 1999, 680p.

SERGE S, AFALO. 1993 " Surveillance de la qualité de l'air et de l'eau, pp16-20" Energie et Environnement : la synergie nécessaire, TECHNIQUE MODERNE N° 56667

SID, B., 1986: "L'habitat en Algérie, stratégie d'acteur et logiques industrielles". OPU Alger.

SCHERRER.J et TRUHAUT.R, 1983 : "Précis de médecine du travail", édition MASSON, Paris, 585p

TRELAÛN.B, 1983 "Water sans eau: alternative au tout-à-l'égout", Paris, 125 p

T.S.M n° 1 1996 : " La Pollution Atmosphérique d'Origine Automobile"

T.S.M n° 11 1994 : " Déchets Traitement des eaux usées"

URONE. P, 1976 : « Pollution" édité par A.C Stern

VAN DER MEERSCHEN, M., 1987: "Les Médinas Maghrébines. Etude et Documents sur le patrimoine culturel" UNESCO, Paris, 87 p.

VEDRINE, H., 1979: "Mieux aménager sa ville", Ed. Moniteur, 213p.

KREISEL.W, 1999 "La salubrité de l'environnement", brochure de l' O .M.S n°27, Paris

ANNEXES :

DECLARATION DE RIO SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DEVELOPPEMENT

La Charte de la Terre pose donc, en 27 principes, les objectifs et les grandes lignes de ce que devrait être le monde futur, autour des axes de l'élimination de la pauvreté, de la protection de l'environnement et du développement durable.

PRINCIPE 1

Les êtres humains sont au centre des préoccupations relatives au développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature.

PRINCIPE 2

Conformément à la Charte des Nations unies et aux principes du droit international, les États ont le droit souverain d'exploiter leurs propres ressources selon leur politique d'environnement et de développement, et ils ont le devoir de faire en sorte que les activités exercées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle ne causent pas de dommages à l'environnement dans d'autres États ou dans des zones ne relevant d'aucune juridiction nationale.

PRINCIPE 3

Le droit au développement doit être réalisé de façon à satisfaire équitablement les besoins relatifs au développement et à l'environnement des générations présentes et futures.

PRINCIPE 4

Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément.

PRINCIPE 5

Tous les États et tous les peuples doivent coopérer à la tâche essentielle de l'élimination de la pauvreté, qui constitue une condition indispensable du développement durable, afin de réduire les différences de niveaux de vie et de mieux répondre aux besoins de la majorité des peuples du monde.

PRINCIPE 6

La situation et les besoins particuliers des pays en développement, en particulier des pays les moins avancés et des pays les plus vulnérables sur le plan de l'environnement, doivent se voir accorder une priorité spéciale. Les actions internationales entreprises en matière d'environnement et de développement devraient également prendre en considération les intérêts et les besoins de tous les pays.

PRINCIPE 7

Les États doivent coopérer dans un esprit de partenariat mondial en vue de conserver, de protéger et de rétablir la santé et l'intégrité de l'écosystème terrestre. Étant donné la diversité des rôles joués dans la dégradation de l'environnement mondial, les États ont des responsabilités communes mais différenciées. Les pays développés admettent la responsabilité qui leur incombe dans l'effort international en

faveur du développement durable, compte tenu des pressions que leurs sociétés exercent sur l'environnement mondial et des techniques et des ressources financières dont ils disposent.

PRINCIPE 8

Afin de parvenir à un développement durable et à une meilleure qualité de vie pour tous les peuples, les États devraient réduire et éliminer les modes de production et de consommation non viables et promouvoir des politiques démographiques appropriées.

PRINCIPE 9

Les États devraient coopérer ou intensifier le renforcement des capacités endogènes en matière de développement durable en améliorant la compréhension scientifique par des échanges de connaissances scientifiques et techniques et en facilitant la mise au point, l'adaptation, la diffusion et le transfert de techniques, y compris de techniques nouvelles et novatrices.

PRINCIPE 10

La meilleure façon de traiter les questions d'environnement est d'assurer la participation de tous les citoyens concernés, au niveau qui convient. Au niveau national, chaque individu doit avoir dûment accès aux informations relatives à l'environnement que détiennent les autorités publiques, y compris aux informations relatives aux substances et activités dangereuses dans leurs collectivités, et avoir la possibilité de participer aux processus de prise de décision. Les États doivent faciliter et encourager la sensibilisation et la participation du public en mettant les informations à la disposition de celui-ci. Un accès effectif à des actions judiciaires et administratives, notamment des réparations et des recours, doit être assuré.

PRINCIPE 11

Les États doivent promulguer des mesures législatives efficaces en matière d'environnement. Les normes écologiques et les objectifs et priorités pour la gestion de l'environnement devraient être adaptés à la situation en matière d'environnement et de développement à laquelle ils s'appliquent. Les normes appliquées par certains pays peuvent ne pas convenir à d'autres pays, en particulier à des pays en développement, et leur imposer un coût économique et social injustifié.

PRINCIPE 12

Les États devraient coopérer pour promouvoir un système économique international ouvert et favorable, propre à engendrer une croissance économique et un développement durable dans tous les pays, qui permettrait de mieux lutter contre les problèmes de dégradation de l'environnement. Les mesures de politique commerciale motivées par des considérations relatives à l'environnement ne devraient pas constituer un moyen de discrimination arbitraire ou injustifiable, ni une restriction déguisée aux échanges internationaux. Toute action unilatérale visant à résoudre les grands problèmes écologiques au-delà de la juridiction du pays importateur devrait être évitée. Les mesures de lutte contre les problèmes écologiques transfrontières ou mondiaux devraient, autant que possible, être fondées sur un consensus international.

PRINCIPE 13

Les États doivent élaborer une législation nationale concernant la responsabilité de la pollution et d'autres dommages à l'environnement et l'indemnisation de leurs victimes. Ils doivent aussi coopérer diligemment et plus résolument pour développer davantage le droit international concernant la responsabilité et l'indemnisation en cas d'effets néfastes de dommages causés à l'environnement dans des zones situées au-delà des limites de leur juridiction par des activités menées dans les limites de leur juridiction ou sous leur contrôle.

PRINCIPE 14

Les États devraient concerter efficacement leurs efforts pour décourager ou prévenir les déplacements et les transferts dans d'autres États de toutes activités et substances qui provoquent une grave détérioration de l'environnement ou dont on a constaté qu'elles étaient nocives pour la santé de l'homme.

PRINCIPE 15

Pour protéger l'environnement, des mesures de précaution doivent être largement appliquées par les États selon leurs capacités. En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement.

PRINCIPE 16

Les autorités nationales devraient s'efforcer de promouvoir l'internalisation des coûts de protection de l'environnement et l'utilisation d'instruments économiques, en vertu du principe selon lequel c'est le pollueur qui doit, en principe, assumer le coût de la pollution, dans le souci de l'intérêt public et sans fausser le jeu du commerce international et de l'investissement.

PRINCIPE 17

Une étude d'impact sur l'environnement, en tant qu'instrument national, doit être entreprise dans le cas des activités envisagées qui risquent d'avoir des effets nocifs importants sur l'environnement et dépendent de la décision d'une autorité nationale compétente.

PRINCIPE 18

Les États doivent notifier immédiatement aux autres États toute catastrophe naturelle ou toute autre situation d'urgence qui risque d'avoir des effets néfastes soudains sur l'environnement de ces derniers. La communauté internationale doit faire tout son possible pour aider les États sinistrés.

PRINCIPE 19

Les États doivent prévenir suffisamment à l'avance les États susceptibles d'être affectés et leur communiquer toutes informations pertinentes sur les activités qui peuvent avoir des effets transfrontières sérieusement nocifs sur l'environnement et mener des consultations avec ces États rapidement et de bonne foi.

PRINCIPE 20

Les femmes ont un rôle vital dans la gestion de l'environnement et le développement. Leur pleine participation est donc essentielle à la réalisation d'un développement durable.

PRINCIPE 21

Il faut mobiliser la créativité, les idéaux et le courage des jeunes du monde entier afin de forger un partenariat mondial, de manière à assurer un développement durable et à garantir à chacun un avenir meilleur.

PRINCIPE 22

Les populations et communautés autochtones et les autres collectivités locales ont un rôle vital à jouer dans la gestion de l'environnement et le développement du fait de leurs connaissances du milieu et de leurs pratiques traditionnelles. Les États devraient reconnaître leur identité, leur culture et leurs intérêts, leur accorder tout l'appui nécessaire et leur permettre de participer efficacement à la réalisation d'un développement durable.

PRINCIPE 23

L'environnement et les ressources naturelles des peuples soumis à oppression, domination et occupation doivent être protégés.

PRINCIPE 24

La guerre exerce une action intrinsèquement destructrice sur le développement durable. Les États doivent donc respecter le droit international relatif à la protection de l'environnement en temps de conflit armé et participer à son développement, selon que de besoin.

PRINCIPE 25

La paix, le développement et la protection de l'environnement sont interdépendants et indissociables.

PRINCIPE 26

Les États doivent résoudre pacifiquement tous leurs différends en matière d'environnement, en employant des moyens appropriés conformément à la Charte des Nations unies.

PRINCIPE 27

Les États et les peuples doivent coopérer de bonne foi et dans un esprit de solidarité à l'application des principes consacrés dans la présente Déclaration et au développement du droit international dans le domaine du développement durable.

Source : site officiel des Nations unies (portail français). <http://www.un.org/french/>

RAPPORT SUR L'ETAT ET L'AVENIR DE L'ENVIRONNEMENT UN TEXTE ET DES PERSPECTIVES

Le deuxième rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement réserve une large part aux actions entreprises depuis 2001 dans le cadre de la stratégie nationale de l'environnement.

Il insiste notamment sur le renforcement du dispositif juridique et réglementaire dans ce domaine qui a constitué une priorité de la période 2000-2003. Une deuxième génération de lois a ainsi vu le jour en plus de nombreux autres textes réglementaires. Le rapport énumère cinq textes de lois déjà promulgués, tandis que cinq autres projets de lois sont en cours d'approbation. Il s'agit des lois relatives à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable qui s'inspire des principes du sommet de la Terre tenu à Rio de Janeiro en 1992, celle relative à l'aménagement et au développement durable du territoire, la loi relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, celle relative aux conditions de création des villes nouvelles et de leur aménagement, à la protection et à la valorisation du littoral. Les projets de lois en cours d'adoption sont relatifs à la circulation des ressources biologiques, au contrôle des organismes génétiques modifiés et à la prise en charge des risques liés à l'usage des biotechnologies modernes, à la protection des zones de montagne dans le cadre du développement durable, à la promotion des énergies renouvelables, à la promotion de la ville et à la prévention et la gestion des risques majeurs. Le nouvel arsenal législatif mis en place à partir de 2001 a permis, selon le rapport, de consacrer avec force le principe du pollueur-payeur. Pour sa mise en œuvre, une vaste opération d'information, de sensibilisation et de vulgarisation en direction des inspecteurs de l'environnement, les services de sécurité, police et gendarmerie nationale, les présidents d'APC, les procureurs et présidents de cours et de tribunaux. Ce travail a permis une nette amélioration au niveau de la constatation des infractions régissant les domaines de l'environnement. En 2003, les statistiques du ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement ont fait état de plus de 3000 constats d'infraction aux différentes lois se rapportant à l'environnement donnant lieu à 834 mises en demeure, 367 décisions de fermeture, un cas de démolition de construction réalisé sur un espace vert. Le nombre de dossiers transmis à la justice a dépassé les 830.

MOYENS DE CONTROLE RENFORCES

Le nombre d'emprisonnements a atteint les 122 cas dont 36 ont bénéficié de la liberté provisoire. Outre le côté législatif, le rapport fait état d'un renforcement institutionnel opéré durant les trois dernières années. Un travail de mise en cohérence institutionnel a été entrepris dans le but de faire face à la grande diversité des problèmes écologiques.

Plusieurs institutions spécialisées ont vu le jour. Les inspections de l'environnement ont été transformées en direction de l'environnement dotées de missions de veille, de contrôle, de police et d'accompagnement.

Des inspections régionales ont été mises en place au niveau d'Oran, de Béchar, d'Alger, d'Ouargla et d'Annaba au service d'une politique environnementale par écosystème et grands bassins.

Le rapport note également un renforcement considérable des moyens matériels et humains dans le secteur de l'environnement qui a embauché durant la période 2000-2003, 522 personnes qualifiées et a vu une augmentation de 100% de son budget de fonctionnement. Le secteur a, en outre, bénéficié d'environ 7,2 milliards de dinars dans le cadre des opérations planifiées ou à travers le programme de soutien à la relance économique. Les montants des autorisations de programmes accordés dans ce cadre étaient respectivement de 1,9 et de 2,9 milliards de dinars en 2001 et 2002, soit un cumul de 4,2 milliards de dinars. Le rapport note également la mise en place d'institutions intermédiaires qui constituent le prolongement scientifique et technique de l'administration à l'instar de l'Observatoire national de l'environnement. Le développement de la fiscalité environnementale constitue, toujours selon le rapport, un autre aspect positif de la politique environnementale en Algérie. Diverses dispositions fiscales ont été introduites par les lois de finances pour les années 2000, 2002 et 2003, relatives aux déchets solides, aux effluents liquides industriels, aux émissions atmosphériques et aux activités polluantes ou dangereuses pour l'environnement. Le rapport souligne toutefois que le taux de recouvrement de ces taxes reste très faible, de l'ordre de 30% seulement et n'arrive pas à avoir un effet dissuasif.

INSTITUTION DE NOUVELLES TAXES

Au titre de la loi de finances pour l'année 2004, une nouvelle taxe sur les sacs en plastique importés ou produits localement vient d'être également instituée. Le produit de cette taxe de 10,50 DA par kilogramme de plastique est affecté au fonds pour l'environnement et la dépollution, instauré par la loi de finances complémentaire pour l'année 2001 avec pour mission de contribuer à financer des actions de dépollution industrielle et urbaine et des actions de conversion d'installation existantes à des technologies propres.

Le rapport fait ressortir également les réalisations qui ont été accomplies dans le domaine de la dépollution industrielle. Plusieurs unités industrielles particulièrement polluantes ont engagé un processus d'intégration des impératifs de protection de l'environnement et ont consenti des investissements conséquents. Il s'agit du complexe électrolyse de zinc de Ghazaouet, du complexe des corps gras de Maghnia, de l'unité mégisserie MAMEG de Rouiba, de l'unité maïserie de Maghnia, du complexe de production d'engrais Asmidal à Annaba, du complexe sidérurgique ISPAT à Annaba, des cimenteries de Meftah et **Hamma Bouziane** et plusieurs unités de Sonatrach.

Dans le volet de la politique environnementale urbaine, le rapport note deux actions majeures : le Programme national de gestion intégrée des déchets municipaux (PROGDEM) et le système Eco-jem de recyclage et de revalorisation des déchets d'emballage. Un projet pour lequel un financement de 8,257 milliards de dinars a été mobilisé.

Les études de schémas directeurs de gestion des déchets urbains ont été lancés pour les 48 wilayas dont 31 sont actuellement complètement réalisées et les 17 autres études sont en phase d'achèvement. En ce qui concerne l'aménagement des Centres d'enfouissement techniques, 10 CET sont complètement réalisés, 17 CET sont en phase d'achèvement et 21 CET sont en phase d'étude.

Edition du 2 juillet 2004 Actualité

NATURE ET BIODIVERSITE EN ALGERIE

MESSAGE DU MINISTRE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT

Mr Cherif RAHMANI

Les questions relatives à la protection de l'environnement et au développement durable finiront-elles par avoir, aux yeux de chacun, l'importance qu'elles requièrent aujourd'hui ? Il ne faut plus seulement le souhaiter, mais s'y attacher avec détermination : ce n'est pas trop dire que d'avancer que notre avenir est désormais fonction de l'attention et des soins que nous apporterons à la préservation de notre environnement, aujourd'hui agressé de façon multiforme.

Notre pays vit en effet une crise sévère de son environnement. Faut-il en souligner les différents aspects ? Nous savons tous combien celui-ci court le risque de menaces définitives.

Ces menaces demeurent graves et se généralisent : détérioration de notre cadre de vie, pollution de l'eau potable, épuisement des ressources forestières, extinction d'espèces végétales et animales, accumulation de produits chimiques qui empoisonnent les sols, désertification gagnant chaque jour plus de terrain, émanations de gaz toxiques altérant gravement l'air que nous respirons...

Face à tout cela, il est impératif que les Pouvoirs Publics, bien sûr, mais aussi les citoyennes et les citoyens se rendent compte davantage de la nécessité de modifier profondément les processus de production, les modes de consommation, ainsi que la relation liant l'homme à son environnement et à son cadre de vie que, dorénavant, nous concourons à façonner avec la nature souvent, hélas, en contrariant les bonnes dispositions de celle-ci.

La pollution, la détérioration du cadre de vie, les atteintes aux écosystèmes ne sont plus des périls, mais des réalités tangibles et le plus grand de tous les dangers, c'est qu'elles deviennent banales, c'est à dire acceptées ; le consentement par fatalité est la pire des irrésolutions et il peut arriver que, devant l'ampleur des problèmes à résoudre, l'on soit enclin à une sorte de démission par incapacité ou par ignorance. C'est pour cela qu'il nous faut vite promouvoir une autre politique au plan national, appliquer un autre programme au plan local, modifier nos comportements au plan individuel. Mais au préalable, il nous faut expliquer l'état de notre environnement pour prendre conscience de la gravité de la crise environnementale en Algérie.

C'est dans ce cadre que le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement vous invite à débattre des questions majeures liées à l'état de l'environnement, pour amener chacun à exprimer ses attentes, ses espoirs et ses inquiétudes, car la protection de l'environnement ne saurait relever des seuls Pouvoirs Publics.

Le présent rapport sur l'état de l'environnement en Algérie est produit dans cette perspective ; comment agir en effet sur les faits et les comportements si on les connaît mal ? Il faut, pour intervenir efficacement et durablement sur une réalité, tout d'abord la comprendre et bien la connaître.

Et comment, d'autre part, mieux connaître l'état de notre environnement sinon en le soumettant à des débats publics venant en complément d'études, de recherches et de statistiques produites par tous ceux (Administrations, chercheurs, experts...) qui en ont la compétence ou la charge ? C'est pour cela qu'il nous faut dire que le présent rapport est plus une amorce qu'un résultat, et qu'il a donc plus été pensé comme un moyen que comme une finalité. A tous et à chacun, par conséquent, de l'enrichir !

Notre objectif ? L'écocitoyenneté. C'est à dire, une citoyenneté respectueuse de la nature et de l'homme : de nouveaux comportements, de nouveaux réflexes, de nouvelles façons de voir et de vivre son environnement doivent être encouragés et promus. S'enrichir, c'est aussi préserver ce que l'on a déjà... Le débat en voie y aidera. Comme il aidera, grâce à vos propositions et à vos suggestions, à définir les projets et à dessiner les politiques grâce auxquelles, enfin, dans notre pays, la protection de nos ressources, de nos richesses naturelles et de notre cadre de vie, ce cadre de vie où vivront nos enfants, sera l'affaire de chaque Algérienne et de chaque Algérien.

S'enrichir, c'est aussi préserver ce que l'on a déjà...

Par **Chérif Rahmani**,

Ministre de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

Le collectif du corps technique de l'ANN

Alger , le 19 Novembre 2005

FORÊT EL MERIDJ DE CONSTANTINE

Il y a quelques semaines à peine, l'Association pour la protection de la nature et de l'environnement (APNE) avait dressé un réquisitoire en règle à l'encontre de la chasse à outrance pratiquée à une échelle hors normes au détriment du chardonneret, ce petit oiseau chanteur aux couleurs chatoyantes menacé par des prédateurs attirés par le seul appât du gain, nonobstant les dangers qu'ils font peser sur la pérennité de l'espèce par le fait d'une manière d'opérer qui ne répond qu'à un seul facteur, l'appât du gain.

Aujourd'hui, les militants de ce mouvement écologiste tire une seconde fois la sonnette d'alarme en diffusant un bulletin d'alerte, concernant cette fois-ci la terrible menace qui pèse sur une autre espèce animale, les quelques rapaces qui survivent encore sur les monts du Chettaba et de Djebel Zouaoui qui s'étendent sur plus de 800 ha et, à un degré moindre, dans la luxuriante forêt d'El Meridj, un massif boisé de 200 ha, un des poumons de Constantine après Djebel Ouahch, et sur celui de Draâ Nagra. D'après le président de cette association très active sur tous les fronts où un combat est mené pour la préservation et la protection de la faune et la flore, des buses et des busards ont été trouvés à plusieurs reprises morts aux alentours des sites où ils nichent et se reproduisent.

Selon lui, les enquêtes menées pour déterminer la cause ou les causes de ce phénomène ont révélé que **les rapaces trouvés morts** auraient tous ingurgité des **produits toxiques** et **des déchets infectieux** que certains opérateurs médicaux sans vergogne jettent dans la nature, au mépris d'une réglementation pourtant très stricte sur ce volet et sur les dangers qu'ils font peser sur la faune et la flore, mais aussi sur les nappes phréatiques.

Le président de l'APNE persiste et signe en avertissant que si rien n'est fait pour protéger ces espèces en voie de disparition sur les monts et forêts qui dominent la ville de Constantine, ces rapaces seront tous exterminés à brève échéance, car ils sont victimes de l'une de leurs caractéristiques, à savoir leur capacité à nettoyer la nature de déchets qui l'encombrent.

Ces nettoyeurs de Dame Nature sont malheureusement mal récompensés en retour. Les écolos de l'APNE ne baissent pas pour autant leur garde, comme ils le clament haut et fort d'abord en traquant, disent-ils, les pollueurs qui n'hésitent pas à souiller les monts et forêts boisés du Constantinois et notamment ceux qui y déversent des produits toxiques et des déchets infectieux qui portent également un sérieux préjudice à l'ensemble de la bio diversité de ces sites. Ensuite, en poursuivant sans relâche des efforts visant au classement de ces sites au rang de réserves naturelles. Un objectif prioritaire du fait d'un potentiel qui repose sur la richesse de leur écosystème, de leur biodiversité, sachant qu'ils constituent une niche écologique importante pour leur faune et leur flore.

Cimenterie de Hamma Bouziane à Constantine

Mise en place d'un nouveau système de dépollution

À l'instar des autres cimenteries implantées dans les autres régions du pays, celle de Hamma Bouziane sera dotée de nouveaux équipements technologiques conçus pour filtrer les éléments toxiques et polluants.

Présentant une véritable menace pour la santé publique et l'environnement, la cimenterie de Hamma Bouziane de Constantine sera dépolluée sur décision du ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement. La décision a été prise après consultation des principaux responsables du secteur de l'industrie. Cette action s'inscrit dans le cadre de la dépollution industrielle des sites jugés dangereux en raison de leur toxicité. Une vaste opération d'installation de nouveaux équipements technologiques spécialement conçus pour le filtrage des éléments toxiques et polluants sera engagée incessamment. Il s'agit, sur un plan technique, de l'introduction de filtres à manches dans le processus de production du ciment. Ce projet devra être entamé début juillet pour un coût global de 104 milliards de centimes. Deux entreprises, une française et une locale, se partageront la mission qui s'étalera sur une année. Dans le souci de préserver la santé du citoyen et de protéger l'environnement, la cimenterie de Hamma Bouziane a signé un contrat de performance avec le département de l'Environnement à l'instar de toutes les cimenteries activant à l'échelle nationale telles que celles de Meftah, Chlef, Beni Saf et Raïs Hamidou. Quant à la cimenterie de Aïn El Kebira, située dans la wilaya de Sétif, son nouveau processus de filtres à manches a été déjà inauguré. Il est à signaler que ce dispositif moderne permet de réduire considérablement le taux de pollution en conformité avec les normes internationales en la matière. Pour la cimenterie de Hamma Bouziane, 10% du ciment seront récupérés grâce au nouveau système.

CONSTANTINE : POLLUTION DRAMATIQUE DE L'OUED BOUKARKAR

On l'aura échappé belle, du moins pour cette fois et grâce en grande partie à la célérité des services de la Protection civile, qui, dès l'alerte donnée, se sont démenés pour circonscrire l'incident et ce qu'il aurait pu causer comme dégâts.

L'accident qui a eu lieu samedi à 12h 03 à Bordj El Maâti sur la RN3, au niveau de l'oued Boukarkar, dans la commune de Zighoud Youcef, a bien donné des frayeurs. En effet, arrivé au sommet d'une côte à la pente très raide, un camion de marque Renault auquel était attelée une remorque transportant des fûts en plastique contenant de la soude caustique, a dû en perdre 6 de ce liquide chimique, soit une quantité de 13 200 litres de solution basique d'un hydroxyde « irritant et corrosif pour la peau, les yeux et plus encore, pour les voies respiratoires et digestives », apprend-on. Le liquide ainsi répandu a coulé le long de la pente pour aller se déverser dans l'oued Boukarkar, brandissant la menace d'une pollution à une échelle plus importante, du fait que cet oued se déverse dans celui Safsaf pour ensuite finir à l'embouchure du barrage de Zerdaza, dans la wilaya de Skikda. La soude caustique reste un produit très pollueur, car elle augmente considérablement le pH des cours d'eau, constituant une menace sérieuse pour l'environnement aquatique autant végétal qu'animal. Au vu de la gravité de la situation, un plan d'urgence a été déclenché en présence des autorités de la wilaya, le wali en tête, des directeurs de l'environnement, de la santé, la Protection civile et des représentants des différents corps de sécurité. Il a été ainsi procédé au déversement de quantités importantes d'eau (84 m³) et d'esprit de sel pour absorber la concentration du produit et atténuer ses effets pollueurs. Par la suite, des prélèvements d'eau ont été effectués au niveau de l'oued Boukarkar aux fins d'analyses chimiques. Les premiers résultats ne donnent aucune incidence. Cependant, une équipe d'ingénieurs, de techniciens et de chimistes des directions de l'environnement, de la Protection civile, a été dépêchée hier pour effectuer d'autres analyses et à différents endroits sur le pH de l'eau de l'oued et s'assurer de sa non-pollution après ce terrible accident.

Echirk Djamel. Inspecteur général de l'environnement
« L'Algérie n'est pas épargnée par le changement climatique »

Echirk Djamel, inspecteur général de l'environnement et membre du Fonds mondial pour l'environnement, était présent parmi les représentants de l'Algérie à la 8e conférence des Nations unies sur la lutte contre la désertification.

QUEL ROLE PEUT JOUER L'ACTUELLE CONFERENCE DANS LA LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION ?

C'est une conférence à caractère traditionnel, la huitième du genre en fait. Elle se tient tous les deux ans, en regroupant l'ensemble des pays et ONG parties prenantes de cette convention des Nations unies de lutte contre la désertification. Son rôle est de réunir ses partenaires et parties prenantes concernées par la lutte contre la désertification. Les pays affectés et donateurs sont membres de l'organisation des Nations unies. L'enjeu est de discuter de l'ensemble de la problématique de la mise en œuvre de cette convention, comment l'appréhender, comment financer les projets et différents programmes de lutte contre la désertification. Comment s'adapter à la problématique de l'heure qui est le changement climatique et atténuer ses effets directs sur la pauvreté et l'émigration. Dans ce type de conférences qui durent deux semaines, tous les points sont traités, les aspects financiers, techniques, politiques, cela débouche sur un certain nombre de recommandations avalisées par le segment de haut niveau qui est le segment ministériel. Parmi les questions qui sont à l'ordre du jour, il y a d'abord le budget, c'est la seule convention de l'ONU qui ne dispose pas d'un mécanisme financier propre. A l'inverse de la convention sur la diversité biologique ou celle sur le changement climatique qui disposent à travers le fonds de l'environnement mondial d'un mécanisme financier qui finance tous les projets inhérents à ces deux domaines prioritaires, la convention de lutte contre la désertification dispose elle d'un instrument hybride un peu spécifique que nous appelons le mécanisme global, qui n'est pas un mécanisme financier ni un fonds. Il a beaucoup plus pour mission d'essayer de mobiliser des fonds au profit des programmes de lutte contre la désertification. Ce qui est complètement différent des autres conventions, ses ressources restent un peu aléatoires.

L'Algérie a participé aux efforts pour faire admettre que ce domaine de lutte contre la désertification, comme un domaine éligible au fonds de l'environnement mondial au même titre que le changement climatique et la diversité biologique.

Cela va-t-il aider à mettre en application la convention ?

Cela va aider à financer par exemple la mise en application de programmes nationaux, qui doivent être d'abord élaborés au niveau des pays.

Que propose ladite convention pour les pays atteints par le phénomène de la poussée désertique ?

La convention est le cadre des Nations unies et ratifiée par l'ensemble des pays membres de l'ONU qui se sont entendus sur des engagements qu'ils prennent vis-à-vis de cette problématique, qui est à la fois nationale, régionale et mondiale. Donc, le cadre est tracé en termes d'actions, d'engagement, de partenariat. Maintenant dans la mise en œuvre, c'est chaque pays en fonction de ses spécificités et priorités et c'est là où interviennent les capacités, soit financières, soit techniques, pour mettre en application des programmes qui soient adaptés aux problématiques locales ou régionales. D'un pays à l'autre, la donne peut changer, donc les réponses aux problèmes d'ordre national ne sont pas toujours les mêmes.

Qu'en est-il du cas Algérie ?

L'Algérie a élaboré son plan d'action national, elle dispose d'un certain nombre de projets et de programmes, notamment en termes de reforestation, de développement rural, qui entre dans ce cadre de la lutte contre la désertification et, par extension, de la réduction de la pauvreté. Comme vous le savez, cela touche beaucoup plus le monde rural et paysan, c'est à ce niveau qu'il faudrait agir, pas uniquement au Sahara, au niveau des Oasis.

En Algérie, le désert avance vers le nord et touche un certain nombre de terres arables qu'il s'agit de préserver au même titre que les ressources forestières qui sont extrêmement importantes, non seulement pour lutter contre l'érosion des terres, mais aussi cela constitue des puits de carbone dans la limite où cela permet d'absorber tout ce qui est pollution concourant aux changements climatiques dont nous ressentons les effets aujourd'hui.

En termes de menaces, jusqu'à quel point l'Algérie est-elle menacée par la poussée désertique ?

L'Algérie ne se distingue pas par rapport à l'Afrique qui est le continent le plus menacé. D'abord parce qu'elle abrite le plus grand désert du monde, ensuite elle appartient à un continent qui sera le plus touché par les effets des changements climatiques en termes de sécheresse, bouleversement des cycles de précipitations, d'incendies de forêts et, malheureusement, c'est le seul continent qui va continuer à connaître une croissance de la pauvreté dans les années à venir. Donc l'Algérie étant un pays africain ne peut pas être épargnée par tous ces effets, que ce soit sur le plan économique, environnemental ou du développement.

De quelle manière contribue l'Algérie à la lutte contre la désertification ?

L'Algérie a été le promoteur de l'Année internationale des déserts de l'année 2006, cela a été approuvé par l'Assemblée générale des Nations unies lors de sa 58e session à l'initiative de l'Algérie. Elle a été à travers son ministre Cherif Rahmani désigné ambassadeur porte-parole honoraire pour l'Année des déserts, donc l'Algérie a un rôle appréciable et estimé et occupe aussi à travers ma modeste

personne une place de choix au conseil d'administration du Fonds de l'environnement mondial. Nous représentons les pays de l'Afrique du Nord en plus de l'Egypte, c'est supposer que l'Algérie occupe une place de choix.

Et en termes de contribution financière ?

Non, l'Algérie n'a pas contribué de cette manière, mais elle a contribué à travers un certain nombre de manifestations. Il faut dire que le lancement de l'Année des déserts s'est fait à Alger, et la clôture sous la présidence du président de la République lors d'une conférence internationale coorganisée avec les Nations unies à Alger sous la thématique « Lutte contre la désertification et l'impératif international de politique de soutien ». Cette conférence a fait l'objet de résultats importants dont les documents continuent de susciter des discussions. L'Algérie aujourd'hui a fait adopter par le conseil d'administration du forum ministériel mondial de l'environnement un projet de recommandations à l'assemblée générale des Nations unies pour qu'elle proclame la décennie 2010-2020 comme la décennie des Nations unies et comme décennie des déserts et de la lutte contre la désertification. Une recommandation qui a été adoptée par le programme des Nations unies pour l'environnement et, aujourd'hui aussi, nous avons introduit cette initiative pour la faire adopter par la conférence des parties.

Existe-t-il une coopération intra-africaine pour lutter ensemble contre ce phénomène ?

Oui, le cadre le plus important et où l'Algérie a joué un rôle extraordinaire, c'est le Népadi. Ce dernier comporte un plan stratégique pour la protection de l'environnement qui englobe notamment et surtout la lutte contre la désertification. Je voulais donc signaler que l'Algérie a été le pays qui a abrité la réunion de préparation et d'élaboration de ce plan d'action et avait aussi organisé une réunion des bailleurs de fonds internationaux, il y a deux ou trois ans, pour le financement adéquat du programme environnemental.

Nadjia Bouaricha

Résumé

Depuis les 60 dernières années, où la population de la Terre est passée de 2 milliards à 6 milliards cinq cents millions d'individus, la pollution s'est intensifiée pour atteindre des proportions alarmantes.

Aujourd'hui la pollution déstabilise l'équilibre naturel des écosystèmes, et fini par constituer un sujet d'inquiétude croissant dans les zones urbaines, et industrielles.

Les avancées technologiques dans différents domaines (transport, médecine, télécommunication, agriculture, énergie, ...), ont permis en Europe, aux Etats-Unis, et dans d'autres pays de toute la planète Terre, l'amélioration des conditions de vie, et de progrès. Tous ces progrès, n'ont malheureusement pas été sans gravité sur les milieux naturels, qui se trouvent affectés par des rejets liquides, par des fumées et des gaz toxiques, et par les déchets difficilement assimilables par la nature.

La prise de conscience d'intégrer les préoccupations environnementales dans la politique industrielle s'est alors traduite, par l'organisation du premier sommet de la terre à Stockholm en juin 1972.

Pour saisir la complexité de ce grand fléau des temps modernes que l'humanité ait à affronter dans les prochaines décennies, nous avons pris pour objet d'étude, l'exemple d'une grande ville de l'Est algérien : Constantine.

Classée au troisième rang dans la hiérarchie des villes algériennes, Constantine voit depuis longtemps, se dégrader son paysage, et son environnement.

Se fondant sur une étude de cas, ce travail vise à mettre en évidence l'aggravation de la pollution que connaît la ville métropole.

Il s'agit pour nous, d'identifier les différents éléments constitutifs de ce phénomène, ainsi que leur interaction au sein d'un processus complexe, et dynamique. Que ce soit à travers la prolifération d'extension anarchique sous la forme de bidonvilles, ou d'habitations précaires, ou de clivage entre les initiatives publiques et privés, ou bien les difficultés émanant du site même, ce travail de recherche montre le caractère de plus en plus inquiétant de cette dégradation environnementale.

Problème des décharges, carences en assainissement, toutes les actions entreprises dans cette ville au site contraignant, restent inefficaces, face à ce fléau qui détruit la nature, et l'environnement

Mots clés : pollution, nuisance, environnement, étalement urbain, écosystème, changement climatique, effet de serre.

Abstract:

Since the last sixty years, where the world's population rose from 2 milliards to 6 milliards and five hundred millions people, pollution has intensified to reach alarming proportions.

Today, pollution destabilizes the natural balance of ecosystems, and eventually constitutes a growing matter of concern in urban and industrial areas.

The technological advances in various fields (transport, medicine, agriculture telecommunications, et energy, have permitted Europe, the United States and other countries throughout the globe, improving conditions of life and progress. However, this improvement and progress unfortunately, has not been without gravity on natural environments which was affected by the discharges and refuses assimilated by nature.

The awareness of integrating environmental concerns industrial policy was then translated by the organization first summit of the earth in Stockholm in June 1972.

To ensure sustainable development and implementation of clean technologies, the Rio conference in 1992 saw the adoption of the convention on climate change, which affirms the need to reduce emissions of gases greenhouses, which led to the signing in 1997 the Kyoto protocol.

To grasp the complexity of this great scourge of modern times, that humanity has to face in the coming decades, we took as case study the example of a large city in eastern Algeria, i.e. Constantine.

Ranked as a third city in Algeria, Constantine sees long deteriorates of its landscape and its environment.

Taking the case study, this work aims to highlight the worsening pollution facing the city. This study is to identify the different components of this phenomenon, and their interaction within complex and dynamic process.

Whether through the proliferation of a sprawl in the form of slums, or settlements, or the split between public and private initiatives, or the difficulties emanating from the site itself, we will strive to show the character of increasingly disturbing of this environmental degradation, while emphasizing the ineffectiveness of different solutions until now.

Key Words:

Pollution, nuisance, environment, urban sprawl, ecosystem, climate change, greenhouse effect.

ملخص

شهدت الستين سنة الأخيرة ارتفاع ملموس في عدد السكان، مر خلالها من 2 إلى 6.5 مليار نسمة، و نتج عنه تضخم مشكل التلوث، حيث أصبح يهدد توازن النظم الايكولوجية خاصة في المناطق الحضرية و الصناعية.

إن التقدم التكنولوجي في مختلف المجالات كالنقل و الاتصالات السلكية و اللاسلكية والزراعة و الطاقة..... الخ قد سمح في أوروبا، الولايات المتحدة، ودول أخرى، بتحسين ظروف المعيشة والتقدم، و لكن و لسوء الحظ اصطحب هذا مخاطر عديدة على البيئة التي تلوثت جراء سوء صرف المياه وكذا الفضلات الصلبة الصعبة الاستيعاب من طرف الطبيعة.

جسد وعي و اهتمام السلطات بالمجال البيئي و ضمه إلى مجال السياسة الصناعية في مؤتمر ستوكهولم جوان 1972.

و لضمان التنمية المستدامة و تنفيذ التكنولوجيا الحديثة، قرر خلال مؤتمر "ريو" القمة العالمية الثانية، اعتماد اتفاقية بشأن تغيير المناخ الذي يؤكد الحاجة إلى الحد من إنبعاثات الغازات السامة وأدى هذا إلى التوقيع في عام 1997 على بروتوكول كيوتو.

و لتوضيح مدى تعقد هذه الآفة الكبيرة في العصر الحديث و التي قد تهدد مصير البشرية جمعاء خلال العقود القادمة، ارتأينا اختيار قسنطينة كمثال لإحدى أهم مدن الشرق الجزائري و التي تعاني هي الأخرى من هذه الأزمة.

ثالث مدن التسلسل الهرمي الجزائري، تمر قسنطينة منذ زمن طويل باختلال و تدهور في مناظرها الطبيعية و البيئية.

أدت الدراسة الميدانية لهذه المدينة إلى تسليط الضوء على تفاقم مشكل التلوث، و التعريف بمختلف المكونات الرئيسية و كذا تفاعلها في إطار عملية معقدة و ديناميكية، سواء كان ذلك من خلال انتشار و امتداد الأحياء القصديرية و المستوطنات أو الانقسام بين المبادرات العامة و الخاصة أو الصعوبات الناتجة عن الموقع نفسه.

سوف نسعى جاهدين لإظهار الطابع المقلق لهذا التدهور البيئي مع بيان عدم جدوى الحلول المختلفة المقترحة ليومنا هذا.

الكلمات الرئيسية

التلوث، إزعاج، البيئة، الزحف العمراني، النظام الايكولوجي، تغيير المناخ، ظاهرة الاحتباس الحراري.