

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA - BOUMERDES
FACULTE DES HYDROCARBURES ET DE LA CHIMIE
DEPARTEMENT GENIE DES PROCEDES CHIMIQUES ET PHARMACEUTIQUES.

MEMOIRE DE MAGISTER

SPECIALITE : GENIE DES PROCEDES

OPTION : Ergonomie des Process et Environnement

Présenté par :

M^{elle} : TIRECHE SIHEM

THEME

***Contribution à l'évaluation de la pollution
au profit des collectivités locales.
Application d'un système d'évaluation de la
qualité.***

Soutenu en : *05 Février 2006*

devant le jury composé de :

Monsieur KERBACHI Rabah	Professeur (ENP)	Président
Monsieur HACHEMI Messaoud	Professeur (UMBB)	Examineur
Monsieur BENRACHEDI Khaled	Maître de conférences (UMBB)	Examineur
Madame BELAKROUF Amina	Maître de conférences (UMBB)	Examineur
Monsieur TAIRI Abdelaziz	Maître de conférences (UMBB)	Rapporteur

Boumerdès 2006

REMERCIEMENTS

Arrivant au terme de ce travail, je voudrais exprimer ma reconnaissance à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont su m'apporter leur soutien.

Je tiens avant tout à remercier vivement monsieur Abdelaziz Tairi, mon directeur de mémoire, pour l'aide scientifique qu'il a su m'apporter tout au long de ce magister.

Mes remerciements vont aux membres du jury de m'avoir fait l'honneur d'accepter de faire partie de mon jury, de s'être intéressés à mon travail et d'y avoir porté une attention particulière :

Monsieur Kerbachî Rabah, Professeur à Ecole Nationale Polytechnique

Monsieur Hachemi Messaoud, Professeur à l'UMBB

Monsieur Benrachedi khaled, Maître de Conférences à l'UMBB

Madame BeLakrouf Amina, Maître de Conférences à l'UMBB

Ces quelques lignes vont me permettre de remercier toutes les personnes qui m'ont beaucoup apporté au niveau scientifique mais aussi personnel, et sans qui, mon travail n'aurait pu aboutir: les initiateurs de ce projet interdisciplinaire, les responsables des différents laboratoires au sein desquels j'ai pu réalisé les essais et tout le personnel qui m'a toujours aidé, les collègues et amis les divers lecteurs qui se sont relayés pour corriger, améliorer et juger mon rapport de mémoire et bien entendu mon entourage et ma famille qui m'ont accompagné et encouragé tout au long de mon travail.

Cette étude a pu être réalisée grâce à la volonté de différentes personnes et de différents organismes. Je tiens à citer et à remercier :

Monsieur Cherifi Ahmed pour son assistance technique.

Je tiens à exprimer ma gratitude à :

** Monsieur Aoudia et mademoiselle Ibazizen de la direction de l'environnement de Boumerdès.*

** Monsieur Zellouf, enseignant géologue à l'UMBB.*

** Monsieur Dahoumen de la direction de la santé de Boumerdès pour sa disponibilité et ses précieux conseils.*

** Mesdames Athmani et Ganibardi de la DHW.*

** Messieurs Badji et Boubenia de la DPAT*

** Monsieur Messad PDG de la centrale électrique de Cap Djenet.*

** Monsieur Redouane de la DMI.*

** Messieurs Cherifi Farid du CETIM et Aoune de l'ORGM Boumerdès.*

** Messieurs Yalaoui, Amodeo et Chatellet de l'Université de Technologie de TROYES pour avoir enrichi de leurs points de vue et interrogations, leurs vision des problèmes, l'enthousiasme, l'originalité des argumentations qui m'ont été prodigué et de m'avoir fait part de leurs remarques pertinentes.*

Je tiens maintenant à m'adresser aux personnes de « l'ombre » qui du fond de leur laboratoire ou de leur bureau aident l'étudiant chercheur à mieux maîtriser son travail.

Spéciale Dédicace pour, madame Benabed Fatiha pour l'aide monumentale qu'elle m'a apporté dans mon travail d'analyse chimique des éléments. Je la remercie également pour son sourire, sa disponibilité. Elle m'a apporté beaucoup scientifiquement bien sûr mais humainement aussi.

Je remercie particulièrement les responsables du laboratoire LMMC qui ont mis à ma disposition leurs équipements et m'ont permis d'investir leur labo.

Ce travail n'aurait pas été possible sans avoir été accueilli au sein de l'entreprise ORFEE du groupe BCR, j'en remercie monsieur Dahmane son PDG, un merci particulier à messieurs Sedkaoui, Belkhir, Maouche, Mekireche et mademoiselle Boucheni pour leur disponibilité et leur aide.

Un très grand merci également à Mademoiselles, Zirame Bahia, et Ibaouuni Faiza pour tout le soutien durable. Les petits coups de pouce au quotidien ont représenté en définitif une aide aussi précieuse que conséquente.

Que chacun de celles et ceux qui ont rempli de leur présence ces instants, soient ici profondément remerciés.

Enfin un grand merci tout spécial à ma famille, à mes parents pour leur soutien et encouragement de chaque jour, à mon frère qui n'a cessé de me soutenir et de m'encourager au cours de mes recherches et pour m'avoir plus d'une fois motivé, et Zakia qui m'a aidée.

Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance et le témoignage de mon amour.

« Nous n'héritons pas de la terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants ».

Antoine de Saint Exupéry.

*L'eau est le passé de l'homme
Les eaux sont l'avenir de l'humanité (Rodier)*

RESUME :

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche entre l'Université de Boumerdès et les autorités locales (Ministère de l'Environnement). Son objectif est de rendre plus durable la gestion de la zone côtière grâce à la mise en oeuvre du concept de gestion intégré du littoral.

Nous nous proposons à travers cette thèse (mémoire) d'étudier l'impact de l'activité industrielle sur le littoral de la wilaya de Boumerdès à travers l'évaluation du rejet des effluents de BCR Bordj Menaël. Ces derniers rejoignent Oued Isser (oued exoréique) qui se déverse en mer.

Dresser un diagnostic environnemental du littoral revient, dans un premier temps, à réaliser un état des lieux et des ressources. Il s'agit ainsi de caractériser l'état de santé des principaux milieux littoraux affectés par les cours d'eaux charriant des pollutions.

De ce fait les étapes du travail ont été :

- une description de la région : particularité géographique, cadre géologique ses propriétés hydro climatologiques et les caractéristiques hydrodynamiques de son milieu marin.

- Un classement des différents secteurs industrielles de la région, cela nous a permis de faire ressortir les industries les plus impactantes, le choix s'est porté sur BCR, unité de traitement de surface.

- une batterie d'analyses physico-chimiques et recherche d'éléments traces par spectrométrie d'absorption atomique ont été réalisées sur des échantillons représentatifs prélevés en amont et en aval du site.

- Les résultats obtenus ont été transposés sur le système d'évaluation de la qualité de l'eau (SEQ eau), afin d'évaluer la qualité physico-chimique, son aptitude aux usages et aux fonctions naturelles des milieux aquatiques. En identifiant les altérations qui compromettent les équilibres biologiques ou les usages. Le SEQ-Eau autorise un diagnostic précis de la qualité de l'eau et contribue à définir les actions de corrections nécessaires pour garantir un équilibre écologique du milieu aquatique (développement durable).

L'intérêt de cet outil est de pouvoir s'adresser aux autorités compétentes pour y trouver les éléments de base nécessaires à leurs informations, ou pour les aider à prendre une décision.

MOTS CLES :

Pollution Métallique, l'Entreprise BCR, Littoral, Stress Environnemental, SEQ-Eau, Outil d'Aide à la Décision, Développement Durable

ABSTRACT

The current work is being in line with the research program between the University of Boumerdès and the local authorities (Ministry of environment). The objective is to make the coastal region management long-lasting thanks to the implementation of the coastal integrated management concept.

Through this thesis (memoir) we suggest to study the industrial activity impact on the coastal region of the Boumerdès county through the Bordj Menaël BRC effluent discharge assessment, the latter joins Isser River (region which its running water reaches the sea). Drawing up an environmental diagnostic of the coastal region aims, initially, at carrying out the location status and resources. Thus, the states of health of the main environmental coastal regions present in this littoral (watercourse) are characterized.

The work stages are as follows:

A description of the region: the special geographic features, geological framework its hydro climatologic property and the hydrodynamic characteristics of its marine environment.

A classification, of the different industrial sectors of the region allows us to identify the most impacting industries, BCR, processing of surface area unit has been chosen.

A battery of physicochemical analysis and the key factors search by atomic absorption spectrometries which have been carried out on respective samples taken from upstream site and downstream site.

The obtained outcomes transposed onto the assessment system of the water quality (SEQ water), in order to appraise the physicochemical quality, its fitness to use and to the natural functioning if the aquatic environment by identifying the deteriorations jeopardizing the ecosystem or the uses. The SEQ water allows a precise diagnosis the water quality and contributes in determining the necessary correcting actions so as to ensure the ecosystem of aquatic environment (long-standing development).

The interest of this tool is to be able to contact the appropriate authorities to find the source factors necessary for their information, or enabling them to make a decision.

Key words

Metallic pollution, BCR Company, Coastal region, Environmental stress, SEQ-Water, Help tool for decision, Long-standing development.

المخلص :

يدخل هذا العمل في اطار برنامج بحث بين جامعة بومرداس و المصالح الخارجية على المستوى المحلي لولاية بومرداس (وزارة التهيئة العمرانية و البيئة) المقصود منه هو تسيير بصفة منتدبة للمنطقة الساحلية و ذلك بوضع منطق للتسيير مندمج للساحل من خلال هذه الاطروحة نحاول دراسة اثار النشاط الصناعي على شواطئ ولاية بومرداس من خلال النفايات المنبوذة من طرف مصنع BCR لبرج منايل هذه الاخيرة قد تنظم الى واد يسر و الذي بدوره يصب في البحر. وضع تشخيص بيئي للساحل يقوم في البداية بانجاز حالة المكان و الموارد، هذا يعنى تمييز الحالة البيئية لاهم الاوساط الساحلية التي تضر بالمجري المائية الحاملة للتلوث. في هذه فان مراحل العمل هي:

- وصف المنطقة: الخصوصيات الجغرافية، الاطار الجيولوجي، الخصوصيات المائية و المناخية الهيدرومائي للوسط البحري.
- ترتيب مختلف القطاعات الصناعية للمنطقة. هذا الوضع قد سمح لنا استخراج الصناعة الاكثر تلويث الا و هو مصنع BCR، وحدة علاج السطح.
- عدة تحاليل فيزيائية و كيميائية و بحث عن عناصر تتم باستعمال اشعة امتصاص الذرة و ذلك مواقع متعددة.
- النتائج المحصل عليها قد تمت استغلالها بوسط نظام تقدير نوعية المياه (SEQ) و ذلك لاستنتاج النوعية الفيزيائية و الكيميائية و صلاحية هذه المياه في الاوساط البحرية، بتثبيت المتلوثات الي تغيير التوازنات البيولوجية. ان النظام المياه (SEQ) قد يثبت صلاحية المياه و قد ينبه بالتدابير التصحيحية الضرورية من اجل التوازن الاكولوجي للوسط البحري.
- مصلحة هذا الاداة هو تحسيس المعنيين بالامر من اجل ايجاد العناصر القاعدية الضرورية لاعلامهم او اعانتهم على اخذ التدابير اللازمة.

SOMMAIRE

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS.....	6
LISTE DES ILLUSTRATIONS.....	8
INTRODUCTION.....	13
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA WILAYA DE BOUMERDES	
du point de vue - Physiographie, hydrographie, anthropisation	
I.1 CADRE GEOGRAPHIQUE.....	17
I.1.1 OROGRAPHIE.....	17
I.1.2 CADRE GEOLOGIQUE	18
I.1.3 CONTEXTE CLIMATIQUE : HYDROCLIMATOLOGIQUE.....	19
I.1.3.1 PRECIPITATION.....	19
I.1.3.2 TEMPERATURE.....	19
I.1.4 CARACTERISTIQUE HYDRODYNAMIQUE- MOUVEMENT DE L'EAU EN MER.....	20
I.1.4.1 COURANT.....	20
I.1.4.2 VENTS.....	20
I.1.4.3 HOULE.....	21
I.1.4.4 MAREE.....	22
I.2 LES EAUX.....	23
I.2.1 CARACTERE PHYSIQUE DES EAUX.....	23
I.2.1.1 TEMPERATURE DES EAUX SUBSUPERFICIELLES.....	23
I.2.1.2 SALINITE.....	23
I.2.2 LES EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES.....	23
I.2.2.1 LES RESSOURCES EN EAUX SUPERFICIELLES.....	23
I.2.2.2 LES RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES.....	25
I.2.3 LES OUEDS.....	26
I.2.3.1 OUED SEBAOU.	26
I.2.3.2 OUED ISSER.....	26
I.2.3.2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET MORPHOLOGIQUE DU BAS ISSER.....	27
I.3 ANTROPISATION.....	29
I.3.1 POPULATION.....	29
I.3.1.1 EAUX USEES URBAINES.....	30
I.3.2 ECONOMIE LOCALE	30
I.3.2.1 AGRICULTURE.....	30
I.3.2.2 PECHE ET PLAISANCE	31
I.3.3 INDUSTRIE.....	32
I.3.3.1 EVOLUTION DU SECTEUR INDUSTRIEL.....	32
I.3.3.2 EMISSION DE GAZ.....	33
I.3.3.3 LES EAUX USEES INDUSTRIELLES.....	33
I.3.3.4 DECHETS SOLIDES ET SPECIAUX.....	34
I.3.4 QUALITE DES EAUX.....	35
I.3.4.1 LES EAUX DE SURFACE.....	35
I.3.4.2 LES EAUX COTIERES.....	36
I.3.5 QUALITE DE L'AIR.....	37

CHAPITRE II : LES METAUX EN MILIEU AQUATIQUE

Bilan des Connaissances

II.1 L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT.....	39
II.1.1 INTRODUCTION.....	39
II.1.2 L'IMPACT DE L'HOMME SUR LE MILIEU.....	40
II.2 NOTION DE RISQUE DE POLLUTION.....	41
II.2.1 DEFINITION	41
II.2.2 THEORIE DU STRESS.....	42
II.2.2.1 LE SYNDROME GENERAL D'ADAPTATION.....	42
II.2.2.2 REPONSE D'UNE RIVIERE SOUS STRESS.....	42
II.3 POLLUTION DES MILIEUS AQUATIQUES PAR LES METAUX.....	43
II.3.1 INTRODUCTION.....	43
II.3.2 GENERALITES SUR LES METAUX.....	44
II.3.3 ORIGINES NATURELLES ET HUMAINES DES METAUX DANS L'ENVIRONNEMENT.....	45
II.3.3.1 APPORTS TELLURIQUES NATURELS.....	45
II.3.3.2 APPORTS ANTHROPIQUES.....	45
II.3.4 LE CARACTERE ESSENTIEL DE CERTAINS METAUX.....	47
II.3.5 POURQUOI L'HOMME UTILISE-T-IL DES METAUX LOURDS ?.....	48
II.3.5.1 L'ARGENT.....	48
II.3.5.2 LE CADMIUM.....	48
II.3.5.3 LE CHROME.....	49
II.3.5.4 LE PLOMB.....	49
II.3.6 CONTAMINATION DE L'EAU PAR LES METAUX.....	49
II.3.7 TOXICITE DES ELEMENTS METALLIQUES	52
II.3.7.1 TOXICITE DE L'ARGENT.....	53
II.3.7.2 TOXICITE DU CADMIUM.....	53
II.3.7.3 TOXICITE DU CHROME.....	54
II.3.7.4 TOXICITE DU CUIVRE.....	54
II.3.7.5 TOXICITE DU FER.....	54
II.3.7.6 TOXICITE DU MANGANESE.....	54
II.3.7.7 TOXICITE DU NICKEL.....	54
II.3.7.8 TOXICITE DU PLOMB.....	55
II.3.7.9 TOXICITE DU ZINC.....	55
II.4 POLLUTION PAR LES METAUX EN ALGERIE ET DANS LE MONDE.....	56
II.5 NORMES ET LEGISLATION.....	57
II.5.1 LA LEGISLATION EN ALGERIE	57
II.5.1.1 NORME SUR LES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES	57

CHAPITRE III : L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

III.1 L'ANALYSE DANS L'ENVIRONNEMENT.....	59
III.1.1 INTRODUCTION.....	59
III.1.2 SUIVI DES POLLUTIONS : PRINCIPES.....	59
III.1.2.1 OBJECTIFS DU SUIVI.....	59
III.1.2.2 FONCTIONS GENERALES D'UN SYSTEME DE SUIVI.....	59
III.1.3 COMMENT SURVEILLER LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT.....	59
III.2 NOTION D'INDICATEURS ENVIRONNEMENTALS.....	60
III.2.1 DEFINITION.....	60
III.2.1.1 CARACTERISTIQUES D'UN BON INDICATEUR.....	61
III.2.2 LE MODELE PRESSION/ETAT/IMPACT/REPONSE.....	62
III.2.2 .1 INDICATEURS DE PRESSION.....	62
III.2.2 .2 INDICATEURS D'ETAT.....	62
III.2.2 .3 INDICATEURS DE REPONSE.....	62
III.2.2 .4 INDICATEURS D'IMPACT.....	63
III.3 SYSTEME D'EVALUATION DE LA QUALITE	64
III.3.1 DE LA QUALITE DE L'EAU A CELLE DES MILIEUX AQUATIQUES.....	64
III.3.2 LE PRINCIPE DU SEQ-EAU.....	64
III.3.3 LES OBJECTIFS DU SEQ-EAU.....	66
III.4 EXEMPLE PRATIQUE : CONTEXTE EXPERIMENTAL.....	68
III.4.1 DESCRIPTION DU CHOIX DU SITE D'ETUDE.....	68
III.4.2 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE : L'ENTREPRISE BCR.....	69
III.4.3 MODALITÉS D'APPLICATION DU SEQ-EAU SUR LES EFFLUENTS DE L'ENTREPRISE BCR.....	70

CHAPITRE IV : MATERIELS ET METHODES

Campagnes de Prélèvements et Paramètres Mesurés

IV.1 HISTORIQUE DES METHODES D'APPRECIATION DE LA QUALITE DES EAUX.....	72
IV.2 MATERIELS ET METHODES.....	72
IV.2.1 PRESENTATION DES SITES DE PRELEVEMENT.....	72
IV.2.2 CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE.....	73
IV.2.2.1 LA CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS	73
IV.3 METHODOLOGIE DE PRELEVEMENT, DE FILTRATION ET DE CONSERVATION DES ECHANTILLONS.....	73
IV.3.1 FLACONNAGE DE PRELEVEMENTS.....	73
IV.3.2 PRELEVEMENTS SUR LE TERRAIN.....	73
IV.3.3 CONDITIONNEMENT ET TRANSPORT.....	74
IV.3.4 FILTRATION ET CONDITIONNEMENT DEFINITIF DES ECHANTILLONS..	74
IV.3.5 PARAMETRES ANALYSES.....	74
IV.4 PROTOCOLE D'ANALYSE DES METAUX.....	75
IV.4.1 MESURE DES METAUX TRACES : LA SPECTROPHOTOMETRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE.....	75
IV.4.1.1 PRINCIPE.....	75

IV.4.2 CONDITIONS ANALYTIQUES.....	77
IV.4.3 COURBES D'ETALONNAGES.....	77
IV.5 ANALYSES COMPLEMENTAIRES.....	78
IV.6 RESULTATS ET DISCUSIONS (COMMENTAIRES).....	78
IV.6.1 INTERPRETATION STATISTIQUE DES RESULTATS.....	78
IV.6.2 INTERPRETATION.....	79
IV.6.3 DISCUSSION DES RESULTATS.....	80
IV.7 APPLICATION DU SEQ-EAU : EXEMPLE LE NICKEL.....	86
CONCLUSION	87
CONCLUSION GENERALE.....	88
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	91
ANNEXES.....	99

***LISTE DES
ABREVIATIONS***

Liste des abréviations

A : Ampère

AFNOR : Norme Française

C.E.E. : Communauté Economique Européenne

CEMAGREF : Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et Forêts.

CETIM : Centre d'Etude et de Services Techniques de l'Industrie des Matériaux de Construction

CIEM : Conseil International pour l'Exploration de la Mer

CL : Concentration Létale

CL₅₀ : Concentration Létale 50 %

CNERU : Centre National d'Etude et de Recherche Appliquée en Urbanisme.

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène en 5 jours.

ERI : Eaux résiduaires industrielles

F-SAA : Spectrométrie d'Absorption Atomique par Flamme.

Ha. : Hectare.

Hab. : Habitant.

Ind. : Industrie.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

MES : Matières en Suspension.

OCDE : Organisation pour la Coopération et le Développement Économique.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONS : Office National des Statistiques.

ORGM : Office National de Recherche Géologique et Minière.

ppm : Partie par million

SAU : Surface Agricole Utile.

S.E.Q. : Système d'Evaluation de la Qualité.

STEP : Station d'épuration.

V : Volt.

***LISTE DES
ILLUSTRATIONS***

LISTE DES FIGURES**CHAPITRE I**

Figure I.1 : Carte de la wilaya de Boumerdès	18
Figure I.2 : Cadre structural et géologique de la wilaya de Boumerdès.....	19
Figure I.3 : Carte de la circulation des courants de surface.....	20
Figure I.4 : Rose des vents : semestriels et annuels.....	21
Figure I.5 : Roses des houles : Estivale et Hivernale.....	22
Figure I.6 : Réseau hydrographique de la wilaya de Boumerdès.....	23
Figure I.7 : Schéma des bassins versants de la région.....	24
Figure I.8 : Schéma d'affectation des nappes souterraines par commune.....	25
Figure I.9 : Bassin versant de Oued Sebaou.....	26
Figure I.10 : Bassin versant de Oued Isser.....	27
Figure I.11 : Carte des sous bassins de Oued Isser.....	28
Figure I.12 : La colonne litho stratigraphique de la région.....	29
Figure I.13 : Estimation de l'évolution de la population de la wilaya.....	30
Figure I.14 : Evolution du secteur industriel depuis 1995 à 2004.....	32
Figure I.15 : Répartition des industries dans les différents groupes de production.....	32
Figure I.16 : Localisation des décharges sauvages dans la wilaya de Boumerdès.....	34
Figure I.17 : Cycle de transformation de l'eau dans la nature.....	35
Figure I.18 : Fréquence des contrôles bactériologiques sur les eaux de baignade.....	36

CHAPITRE II

Figure II.1 : Les relations entre l'homme et son environnement.....	40
Figure II.2 : Représentation du risque	41
Figure II.3 : Paradigme de la santé environnementale.....	42
Figure II.4 : Les évolutions de l'hydrosystème suite à un stress environnemental.....	43
Figure II.5 (a) : Cycle géochimique simplifié des métaux lourds	46
Figure II.5 (b) : Illustration schématique des processus physico-chimique et biochimique affectant le comportement et la distribution dissous/particulaire des éléments métalliques à l'interface continent/océan.....	47
Figure II.6 : Table périodique des éléments.....	52
Figure II.7 : Les composants de l'écotoxicologie.....	53
Figure II.8 : Apports, rétention, circulation des métaux et sortie possible vers l'atmosphère et les eaux de surface.....	55

CHAPITRE III

Figure III.1 : Représentation schématique des différents types de paramètres mesurables dans le milieu physique et à différents niveaux d'organisation biologique pour évaluer l'état de l'environnement.....	60
Figure III.2 : Une représentation simplifiée de l'approche Pression - Etat - Réponse.....	62
Figure III.3 : Schéma du modèle Pression, Etat, Réponse.	63
Figure III.4 : La classes et indices de qualité.....	65
Figure III.5 : L'architecture du système SEQ-EAU.....	65
Figure III.6 : Les étapes de qualification d'eau suivant le SEQ-Eau.....	66
Figure III.7 : Schéma et contenu du SEQ- eau.....	67
Figure III.8 : Localisation de l'entreprise BCR.....	68
Figure III.9 : Utilisation des indicateurs environnementaux comme outil d'aide à la décision.....	70

CHAPITRE IV

Figure IV.1 : Schéma de l'évolution des descripteurs chimiques de la qualité des eaux pris en compte dans les réseaux de surveillance.....	72
Figure IV.2 : La durée et fréquence de la campagne de prélèvement.....	73
Figure IV.3 : Protocole utilisé pour la préparation des filtrats.	74
Figure IV.4 : Photo de l'appareillage.....	75
Figure IV.5 : Principe de la Spectrométrie d'Absorption Atomique par Flamme.....	76
Figure IV.6 : Les courbes du pH des différents points de prélèvements.....	80
Figure IV.7 : Les courbes des températures aux différents points de prélèvements.....	81
Figure IV.8 : Les courbes des MES aux différents points de prélèvements.....	81
Figure IV.9 : Les courbes de l'Argent aux différents points de prélèvements.....	82
Figure IV.10 : Les courbes du Cuivre aux différents points de prélèvements.....	83
Figure IV.11 : Les courbes du Fer aux différents points de prélèvements.	83
Figure IV.12 : Les courbes du Manganèse aux différents points de prélèvements.....	84
Figure IV.13 : Les courbes du Nickel pour Les prélèvements du Polissage et Vibro-Chimica.....	84
Figure IV.14 : Les courbes du Nickel : Les prélèvements d'Argenture.....	85
Figure IV.15 : Les courbes du Zinc aux différents points de prélèvements.....	85
Figure IV.16 : Evaluation de la qualité des eaux pour l'altération Nickel (SEQ-EAU).....	86

LISTE DES TABLEAUX**CHAPITRE I**

Tableau I.1 : Organisation territoriale de la wilaya de Boumerdès.....	17
Tableau I.2 : Affectations des superficies par communes.....	18
Tableau I.3 : Caractéristiques des principaux oueds exoréiques.	24
Tableau I.4 : Contenance moyenne des différents bassins versants.....	24
Tableau I.5 : Remplissage moyen des barrages de la wilaya.....	25
Tableau I.6 : Potentiel des nappes phréatiques de la wilaya.....	25
Tableau I.7 : Caractéristiques altimétriques du bassin versant du Bas Isser.....	28
Tableau I.8 : Superficie des périmètres agricoles littoraux.....	31
Tableau I.9 : Caractéristiques des ports existants à Boumerdès.....	31
Tableau I.10 : La flottille de Boumerdès.....	31
Tableau I.11 : Production halieutique de 2003.....	31
Tableau I.12 : Charge émise en tonnes par la centrale électrique	33
Tableau I.13 : Estimation de la charge (tonnes) de pollution en 1995 due à la combustion de déchets urbains.....	33
Tableau I.14 : Répartition des déchets en tonnes par jours et par type.....	34
Tableau I.15 : Stress environnementaux sur les ressources en eau.....	36

CHAPITRE II

Tableau II.1 : Les échelles de l'Environnement.....	39
Tableau II.2 : les critères d'évaluation de l'importance d'un impact.....	40
Tableau II.3 : Exemples de roches riches en minéraux métalliques.....	45
Tableau II.4 : Éléments métalliques traces indispensables aux organismes biologiques (Animaux et végétaux) et toxicité.....	48
Tableau II.5 : Les émissions mondiales dans l'eau d'éléments métalliques.....	50
Tableau II.6 : Présence des métaux dans l'eau.....	51
Tableau II.7 : Principaux effets des métaux sur la santé humaine.....	56

CHAPITRE III

Tableau III.1 : Les propriétés nécessaires pour un indicateur.....	61
Tableau III.2 : Les Systèmes d'Evaluation de la Qualité (SEQ).....	64
Tableau III.3 : Exemples de publics pour les différentes sorties du SEQ eau.....	68

CHAPITRE IV

Tableau IV.1 : Méthodes et normes utilisées	75
Tableau IV.2 : Conditions d'analyse des métaux en SAA mode flamme.....	77
Tableau IV.3 : Pourcentage des éléments composants la matière première.....	78
Tableau IV.4 : Concentration des éléments contenus dans la pâte abrasive en pourcent.....	78
Tableaux IV.5 : Synthèse statistique des résultats obtenus.....	78
Tableau IV.6 : Normes de rejet des eaux résiduaires industriel en Algérie.....	80
Tableau IV.7 : Transformation en classes et indices de qualité.....	86

LISTE DES ANNEXES**CHAPITRE I**

ANNEXE I.1 : Distribution de la population selon les communes.....	100
ANNEXE I.2. : Les stations d'épuration de la wilaya de Boumerdès.....	101
ANNEXE I.3 : Répartition des industries par branche et par commune.....	102
ANNEXE I.4 : Liste des principales unités industrielles de la wilaya de Boumerdès (liste non exhaustive).....	103
ANNEXE I.5 : Classification des eaux résiduaires industrielles.....	105
ANNEXE I.6 : Classification des ERI par grandes branches industrielles avec mise en évidence de l'origine et des caractéristiques principales des rejets	106
ANNEXE I.7 : Nature des rejets et leurs impacts.....	108

CHAPITRE II

ANNEXE II.1 (a) : Pressions anthropiques sur l'environnement marin.....	109
ANNEXE II.1 (b) : Liste de polluants à contrôler pour le milieu marin.....	110
ANNEXE II. 2 : comparaison de critères de classifications des substances chimiques entre divers instruments internationaux.....	111
ANNEXE II.3 : Liste des éléments essentiels et non essentiels et exemples de propriétés des éléments connus pour leur essentialité.....	112
ANNEXE II.4 : La contamination métallique des chaînes trophiques du milieu marin.....	113
ANNEXE II.5 : Protocoles internationaux.....	114
ANNEXE II.6 : Lois Algériennes sur les eaux et les eaux continentales.....	116

CHAPITRE III

ANNEXE III.1 : Le modèle Pression - État - Réponse (P-E-R) de l'OCDE.....	117
ANNEXE III.2 : Tableaux des différents paramètres décrivant l'altération.....	118
ANNEXE III.3 : Les potentialités de l'eau.....	119
ANNEXE III.4 : Classes et indices de qualité de l'eau par altération.....	119
ANNEXE III.5 : Les réalisations de l'entreprise BCR par type de qualité fabriqué et par mois en 2005.....	120

CHAPITRE IV

ANNEXE IV.1 : Description des sites de prélèvements.....	121
ANNEXE IV.2 : Gamme de fabrication des articles de l'entreprise BCR, avec lieux de rejets	123
ANNEXE IV.3 : Position des différents points de prélèvement au sein de l'entreprise BCR.....	124
ANNEXE IV.4 : Exemple d'une courbe d'étalonnage.....	125
ANNEXE IV.5 : Teneurs limites des éléments à caractère toxique des rejets au sein d'industrie de traitement de surfaces dans les principaux pays industrialisés.....	126
ANNEXE IV.6 : Résultats d'analyses physico-chimiques des différentes campagnes de prélèvements.....	127
ANNEXE IV.7 : Résultats des recherches d'éléments métalliques dans les différents prélèvements.....	129

ANNEXE IV.8 : Courbes des différents éléments conforme à la norme : Plomb, Chrome, et Cadmium.....**131**

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherche entre l'Université de Boumerdès et les autorités locales (Ministère de l'Environnement). Son objectif est de rendre plus durable la gestion de la zone côtière grâce à la mise en oeuvre du concept de gestion intégré du littoral.

1) JUSTIFICATION DU SUJET DE RECHERCHE

Les micropolluants présents dans l'environnement ont des origines très variées. Leur devenir environnemental ainsi que leur impact potentiel sur les différents écosystèmes sont très dépendants de leurs interactions avec le milieu environnant. Les principaux micropolluants impliqués dans les phénomènes de pollution chimique sont les métaux

Etant le réceptacle direct d'effluents industriels, recevant en plus les retombées atmosphériques et les pollutions diffuses provenant de sols contaminés, les systèmes aquatiques sont des milieux très exposés. Ces pollutions sont préjudiciables à l'équilibre écologique du milieu aquatique et présentent un risque environnemental et sanitaire indéniable.

L'estimation du niveau de contamination peut être atteinte par la mesure des concentrations des contaminants et l'évaluation de leurs variations dans divers compartiments du milieu. Les formes dissoutes sont mesurables directement dans l'eau après filtration (notre travail) ou dans les eaux porales des sédiments déposés; les formes particulières par l'analyse de la matière en suspension ou du sédiment ; les formes biodisponibles par l'analyse des organismes marins

2) CONTEXTE DE L'ETUDE

Nous nous proposons à travers ce mémoire d'étudier l'impact de l'activité industrielle sur le littoral de la wilaya de Boumerdès à travers l'évaluation du rejet des effluents de l'entreprise BCR (Unité de traitement de surface). Ces derniers sont déversés dans un affluent de Oued Isser, et rejoignent en finalité la mer.

Dresser un diagnostic environnemental du littoral revient, dans un premier temps, à réaliser un état des lieux et des ressources. Il s'agit ainsi de caractériser l'état de santé des principaux milieux littoraux.

Avec l'utilisation du système d'évaluation (SEQ – eau) comme outil d'appréciation de la qualité des eaux rejetées par le site d'étude. L'intérêt de cet outil est d'autoriser un diagnostic précis de la qualité de l'eau. Il contribue à définir les actions de corrections nécessaires pour garantir un équilibre écologique du milieu aquatique et de pouvoir s'adresser aux autorités compétentes, qui pourront y trouver les éléments de base nécessaires à leurs informations (réseaux de surveillance), en vue de prendre une décision.

L'objectif de ce travail est donc de mettre en place une gestion des zones côtières qui soit écologiquement durable, économiquement équitable et socialement responsable et adaptée aux réalités culturelles de la région de Boumerdès.

3) PROBLEMATIQUE

- Comment établir un état environnemental de la région ?
- Quelle méthode peut être utilisée pour l'évaluation de la qualité des rejets dans le temps et l'espace ?
- Quelles sont les actions à mener en termes de prévention, en cas d'altération du milieu marin ?
- Quel outil proposer aux autorités locales pour un suivi significatif ?

4) ORGANISATION DU MANUSCRIT

Le manuscrit s'articule en 4 chapitres.

⇒ Une première partie (chapitre I) : **Présentation de la wilaya de Boumerdès.**

Cette partie est consacrée à la présentation des généralités relatives à l'analyse de l'existant avec une description de la wilaya de Boumerdès, tant sur le plan géographique, physiographique, hydrographique et anthropique.

⇒ Une deuxième partie (chapitre II) : **Les Métaux en Milieu Aquatique.**

C'est une synthèse bibliographique qui présente les différents micropolluants métalliques mesurés, susceptibles d'être présents dans les eaux issues des lieux d'échantillonnages retenus:

(Propriétés physico-chimiques, sources, toxicité) et donne un état de l'art sur la pollution dans les milieux aquatiques.

⇒ Une troisième partie (chapitre III) : **L'analyse environnementale.**

Elle est destinée à introduire : une description des principaux indicateurs environnementaux, les buts du suivi des pollutions, avec une proposition d'application du système d'évaluation de la qualité (SEQ-eau) sur les rejets du site expérimental choisi, suivie d'une présentation détaillée du site d'étude, à savoir l'entreprise BCR.

⇒ Une quatrième partie (chapitre IV) : **Matériels et méthodes.**

Elle débute par la description de la campagne où nous avons pris part durant ce travail ainsi que les divers prélèvements et échantillonnages réalisés ; elle se poursuit par la présentation des techniques analytiques utilisées et traite les résultats obtenus lors des suivis expérimentaux.

Une conclusion est destinée à la présentation. De la discussion des résultats de l'étude, à la fin, est tirée une synthèse des principales conclusions sur les différentes expérimentations.

La conclusion générale de ce travail fournit une synthèse des principaux résultats obtenus lors de l'utilisation de l'indicateur pour l'évaluation de la qualité des eaux de surface vis-à-vis des éléments métalliques en vue d'être utilisé comme outil d'aide à la décision par les autorités locales.

A la fin figure une synthèse des principales recommandations et les perspectives résultant de ce travail.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE LA WILAYA DE BOUMERDES

I.1 CADRE GEOGRAPHIQUE

I.1.1 OROGRAPHIE (étude du relief terrestre)

La wilaya de Boumerdès est issue de l'organisation territoriale en date de 1984, elle s'étend sur une superficie de 1456.68 km², ces coordonnées Lambert sont comme suit :

$$\begin{aligned} X_{\min} &= 574000 \text{ m} & X_{\max} &= 620000 \text{ m} \\ Y_{\min} &= 36100 \text{ m} & Y_{\max} &= 403000 \text{ m} \end{aligned}$$

Elle est limitrophe avec quatre wilayas, au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la wilaya de Tizi ousou, au Sud par la wilaya de Bouira et à l'Ouest par les wilayas d'Alger et de Blida. Son territoire se caractérise par des milieux physiques qui se définissent en cinq zones principales :

- 1- la zone côtière : plaines du littoral avec des sols fertiles à haut rendement agricole,
- 2- la zone pieds-monts : sols cultivables parfois accidentés exposés à l'érosion,
- 3- la zone montagneuse avec des sols pratiquement incultes,
- 4- la zone des collines de la chaîne côtière,
- 5- la partie orientale de la plaine Mitidja.

La wilaya de Boumerdès regroupe neuf (9) daïrates et trente deux (32) communes réparties comme suit :

Tableau I.1 : Organisation territoriale de la wilaya de Boumerdès [1].

Daïra	Communes
Khemis El khechna	Khemis El Khechna, Larbatache, Ouled Moussa, Hamadi.
Boudouaou	Boudouaou, Boudouaou El Bahri, Keddara, Ouled Heddadj
Boumerdès	Boumerdès, Corso, Tidjelabine
Thenia	Thenia, Ammel, Beni Amrane, Souk El Had
Isser	Isser, Chabet El Aneur, Si Mustapha, Timezrit
Bordj Menaël	Bordj Menaël, Cap Djenet, Legata, Zemmouri
Naceria	Naceria, Ouled Aïssa
Baghliã	Baghliã, Taourga, Sidi Daoud
Dellys	Dellys, Afir, Ben Choud

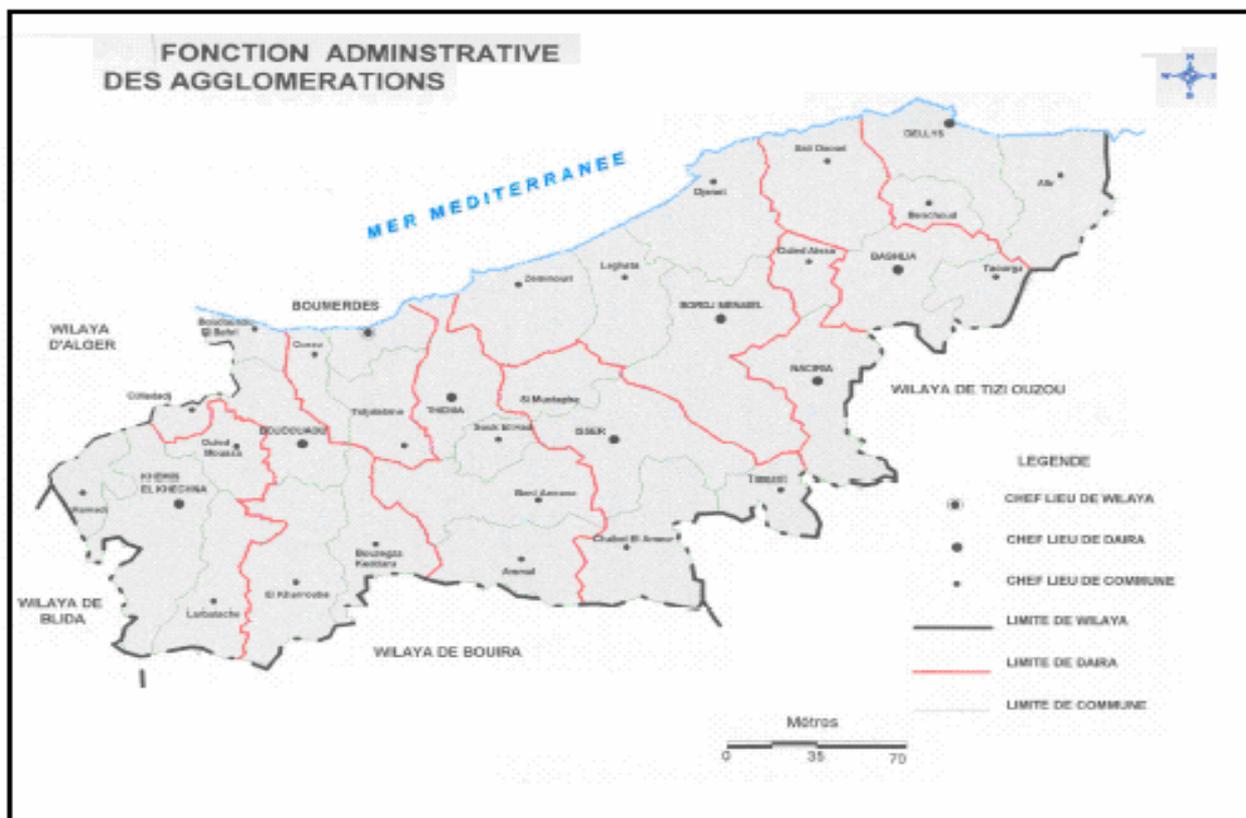


Figure I.1: Carte de la wilaya de Boumerdès [2].

Le linéaire côtier a été estimé à 80.33 Km par l'étude relative au littoral de la région Nord centre élaborée par le CNERU (centre national d'étude et de recherche appliquée en urbanisme) en 2004.

Tableau I.2: Affectations des superficies par communes [3].

Daïra	Nombre de communes	Superficie total km ²	Pourcentage %
BOUMERDES	3	83,33	5,7
DELLYS	3	129,93	8,9
NACIRIA	2	85,90	5,9
BORDJ MENAEL	4	275,13	18,9
ISSER	4	190,31	13,1
THENIA	4	167,87	11,5
BOUDOUAOU	5	183,01	12,6
KHEMIS EL KHECHNA	4	189,85	13,0
BAGHLIA	3	151,15	10,4
TOTAL	32	1456,68	100.00

I.1.2 CADRE GEOLOGIQUE

Notre région d'étude fait partie de l'ensemble géologique de l'Atlas Tellien, zone plissée Alpine de l'Afrique du nord, caractérisée par sa complexité lithologique et structurale.

Du point de vue géologique, le territoire de Boumerdès est constitué de plusieurs structures tectoniques qui se répartissent différemment du Nord au Sud.

- Au Nord : Dans le massif kabyle, on observe les pointements de roches du socle métamorphique recouvertes de flyschs crétacés et paléogènes d'autre part elles sont recouvertes en discordance stratigraphique par des formations autochtones tertiaires et quaternaires; tandis que le flyschs allochtone est surmonté par des terrains néogènes et quaternaires [4]
- Au Sud : Dans les limites des sous zones de la chaîne calcaire et des nappes de flyschs

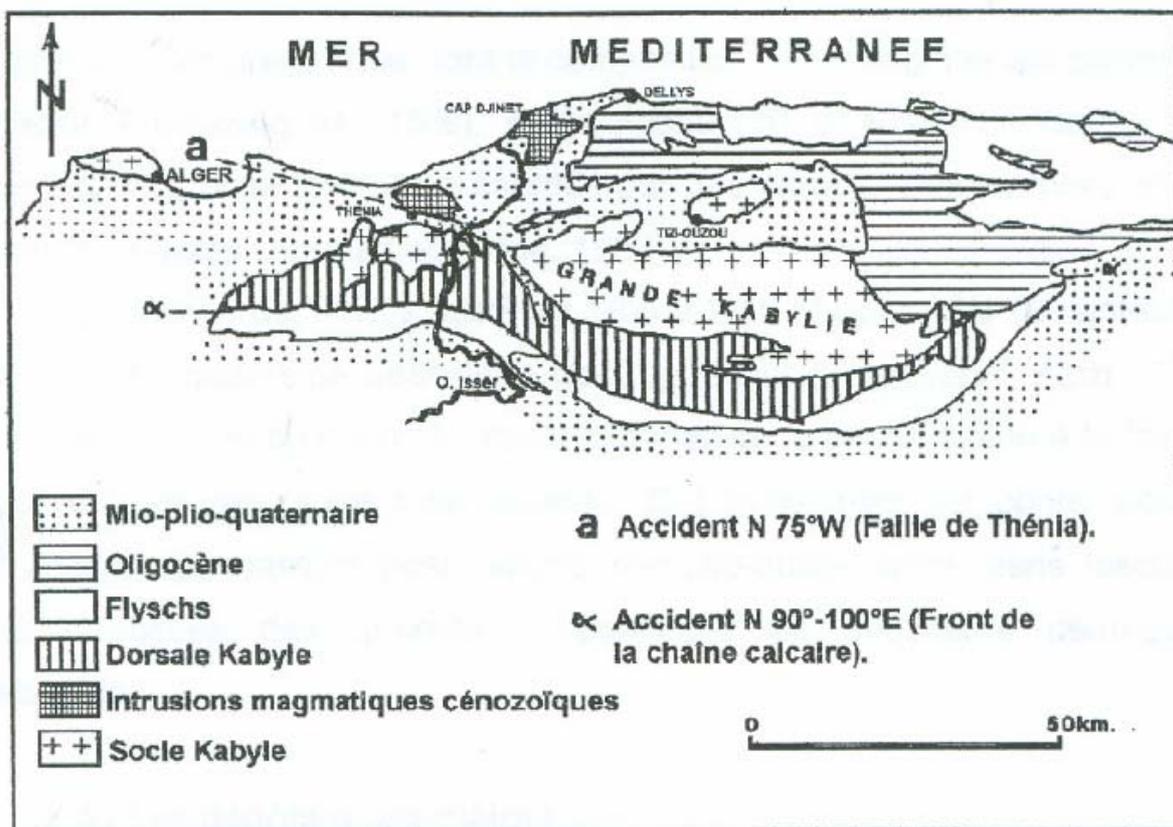


Figure I.2 : Cadre structural et géologique de la wilaya de Boumerdès.

I.1.3 CONTEXTE CLIMATIQUE : HYDROCLIMATOLOGIE

I.1.3.1 PRECIPITATIONS

On réunit sous ce terme, tout apport d'eau à la surface de l'écosphère, qu'il s'agisse de pluies de grêle ou de neige [5].

L'estimation de la lame d'eau tombée sur les régions de Boumerdès varie en moyenne entre 500 et 1300 mm/an [6], la situant dans une zone subhumide.

I.1.3.2 TEMPERATURE

Après la pluviométrie, le second facteur important qui conditionne l'hydro climatologie d'une région, c'est évidemment la température atmosphérique. Ce paramètre conditionne l'évaluation du déficit d'écoulement qui intervient dans l'estimation du bilan hydrologique [4].

La région de Boumerdès est caractérisée par un climat méditerranéen à deux saisons :

Un été sec et chaud et un hiver avec généralement des précipitations courtes et violentes [7].

Avec une saison relativement "froide" de Décembre à Mars, la température moyenne est de 12° C et la saison "chaude" d'Avril à Novembre avec des maxima de 33 à 38° C [8].

I.1.4 CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES MOUVEMENT DE L'EAU EN MER

I.1.4.1 COURANT

La Méditerranée reçoit des fleuves qui y débouchent le tiers du volume d'eau qu'elle perd par évaporation [9], en conséquence, un courant de surface arrive de l'Océan Atlantique en passant par le détroit de Gibraltar.

La majeure partie de cette eau circule vers l'Est parallèlement à la côte Nord Africaine mais perd de sa force au fur à mesure qu'elle pénètre plus vers l'Est [10].

A partir d'image satellitaire on estime que le courant Algérien est très instable et qu'il génère des tourbillons (50 km de diamètre) se déplaçant le long de la côte d'Ouest en Est [11], [12].

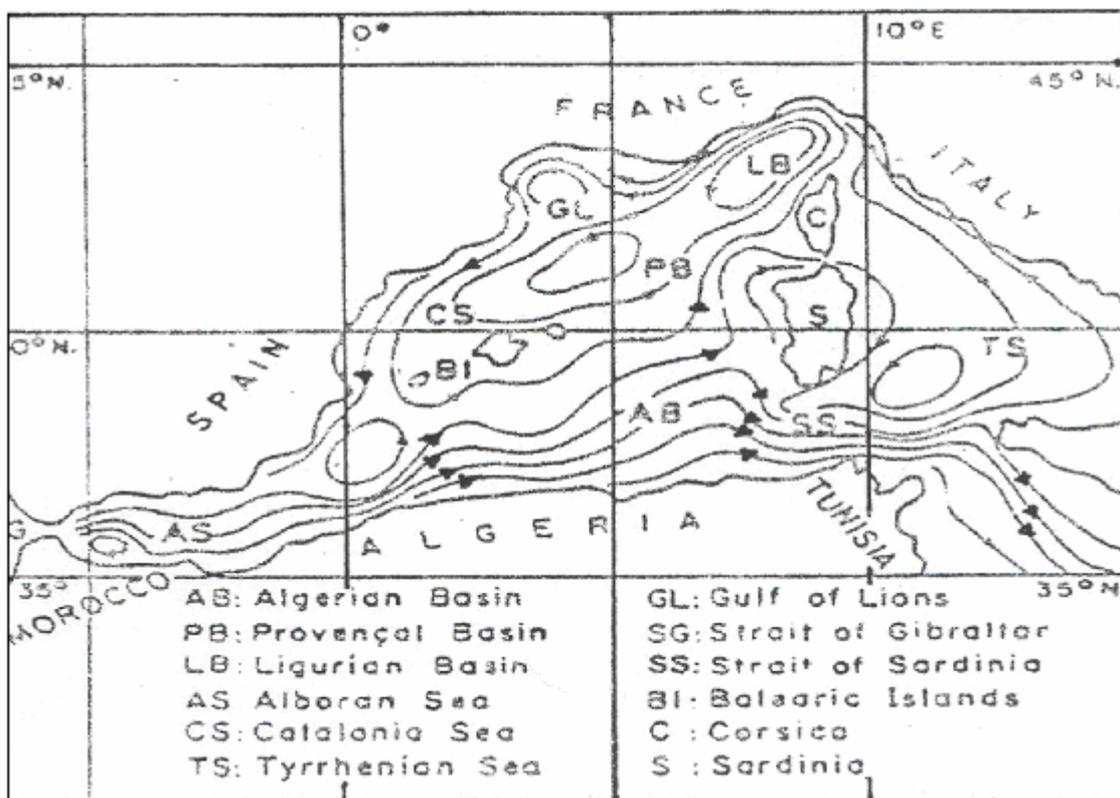


Figure I.3 : Carte de la circulation des courants de surface [13].

I.1.4.2 LES VENTS

Parmi les différents facteurs responsables de la dispersion des matières en suspension et de la contamination des mers, le vent occupe la place principale. En effet, le vent contribue énormément à la poussée de la matière en suspension vers la côte créant des zones où s'entassent différents objets d'usage domestique rendant la côte impropre aux loisirs [10].

Une étude statistique de l'US Naval Weather service [8] implanté au large d'Alger (station d'observation : 37°4' lat.N 3°9' long.E) a mis en évidence que les vents dominants sont ceux de l'Ouest et du Nord-Ouest et soufflent en prédominance de Novembre à Avril.

Les vents Est et Nord-Est soufflent en été, les vents du Nord sont plus fréquents et soufflent durant toute l'année. Le sirocco, vent du Sud, chaud et sec de direction Sud-est et Sud-Ouest, souffle avec une faible intensité avec une moyenne de 20 jours/an [3].

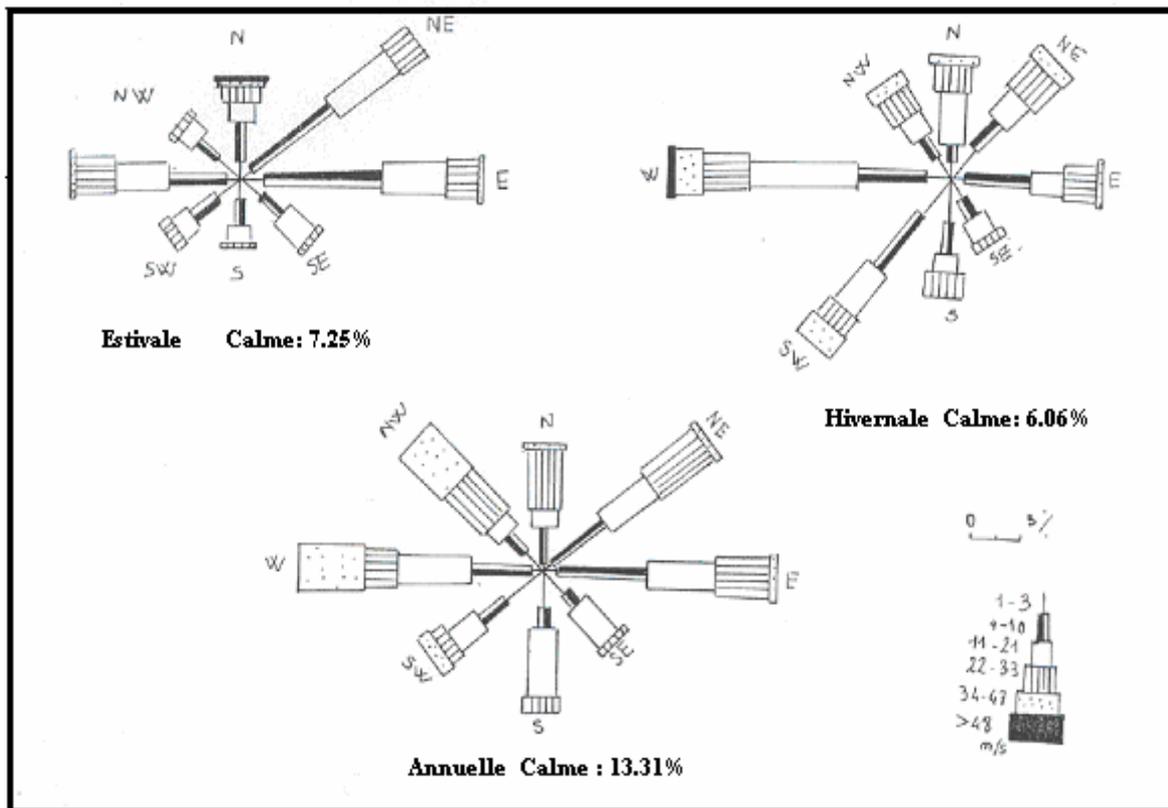


Figure I.4 : Rose des vents : semestriels et annuels [14]

I.1.4.3 LA HOULE

La houle est une oscillation de la partie superficielle d'un plan d'eau, générée initialement par le vent, elle se propage plus ou moins régulièrement jusqu'à l'approche des côtes ou elle subit des modifications par réfraction, diffraction et déferlement [15]. L'intérêt principal des études de houle, est surtout l'action de celle-ci sur le littoral.

Arrivant au voisinage de la côte, la houle par les mouvements oscillatoires des particules d'eau qu'elle entretient au voisinage du fond met le matériau côtier suffisamment fin en agitation, donc un transport est possible [16].

L'étude de Benslama [17] fait ressortir une nette répartition saisonnière des directions de propagation :

*En période hivernale (Novembre à Février), les directions dominantes sont relevées dans les secteurs d'Ouest à Nord-Ouest.

*En période estivale (Avril à Septembre) ce sont les houles d'Est et de Nord-Est qui sont de loin les plus fréquentes.

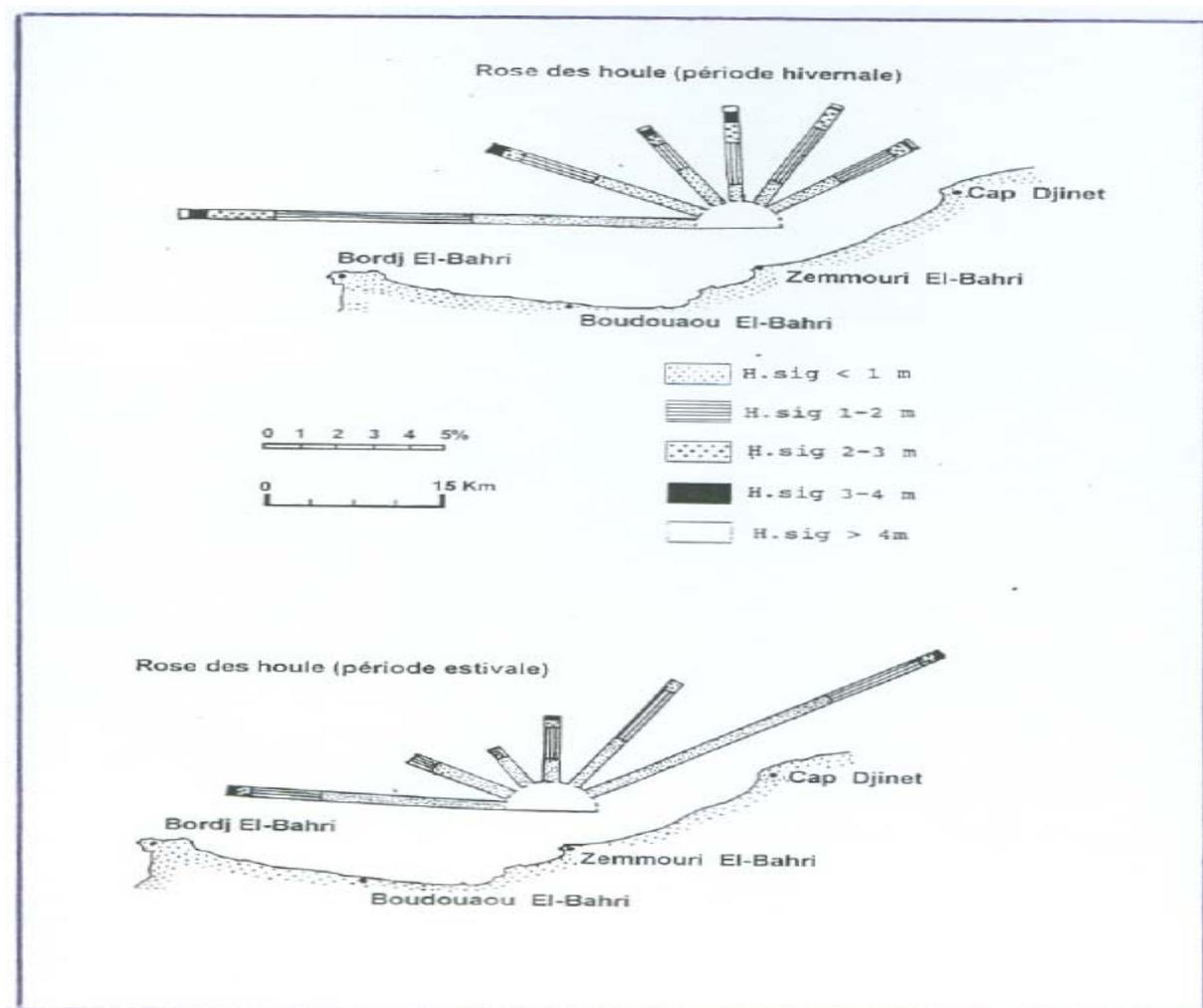


Figure I.5 : Roses des houles : Estivale et Hivernale (d'après IMRN).

Des observations visuelles effectuées par l'IMRN (Institut Météorologique Royal Néerlandais) du navires dans la région comprise entre 002° et 005°de Longitude et 36°30' et 38° de Latitude Nord, ces observations portent sur une période de 15 ans et comptent plus de 23000 données.

I.1.4.4 LES MAREES

On sait qu'en méditerranée , d'une façon générale l'amplitude des marées est tellement faible qu'elle peut être pratiquement considérée comme nulle[10], en effet sur le littoral Algérien , l'amplitude de la marée est de l'ordre de 30 cm, valeur trop faible pour crée un courant de marée[8].

I.2 LES EAUX

I.2.1 CARACTERE PHYSIQUE DES EAUX DE MER

I.2.1.1 TEMPERATURE DES EAUX SUBSUPREFICIELLES

Les résultats de la campagne « MEDIPROD V-2 », indique une fluctuation verticale et temporelle de la température des eaux, valeurs oscillant en moyenne entre 14.5° C en surface et 13 °C à des profondeurs de 800 mètres. Le refroidissement est remarqué sur toute la colonne d'eau avec une diminution sensible à partir de 400 mètres d'immersion pour atteindre 12.96 °C à 800 mètres [8].

I.2.1.2 SALINITE

La valeur de la salinité est le résultat du bilan de précipitation et d'évaporation du fait des faibles précipitations et d'une grande évaporation. Ce bilan est négatif pour la méditerranée en général, elle emprunte à l'Atlantique l'eau en déficit à travers le détroit de Gibraltar [18]. Pour la région de Boumerdès, elle est comprise entre 37% et 38.5% et la répartition verticale des salinités montre un accroissement de ces dernières de la surface vers le fond.

I.2.2 LES EAUX DE SURFACE ET SOUTERRAINES

I.2.2.1 LES RESSOURCES EN EAUX SUPERFICIELLES

La wilaya de Boumerdès possède des cours d'eau (oueds) saisonniers ou permanents :

- | | | |
|-----------------|------------------|---------------|
| *Oued Boudouaou | *Oued Larbatache | *Oued Isser |
| *Oued Corso | *Oued Larbaa | *Oued Merdja |
| *Oued Boumerdès | *Oued Keddara | * Oued Djemaa |
| *Oued Sebaou | | |

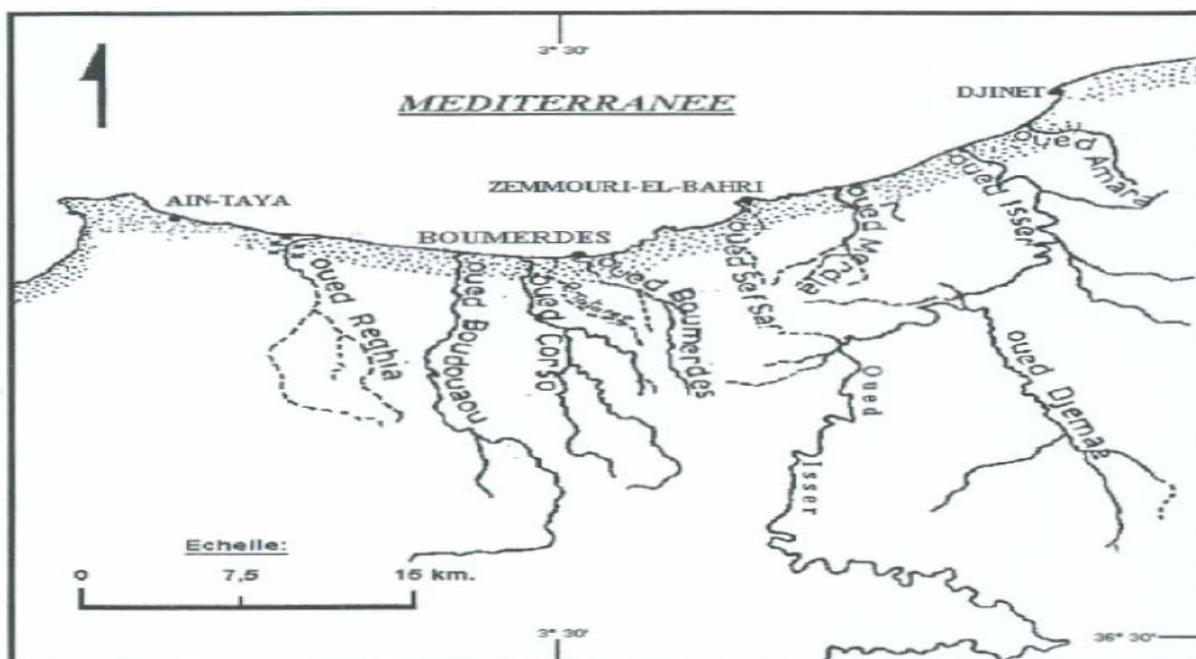


Figure I .6 : Réseau hydrographique de la wilaya de Boumerdès.

Tableau I.3 : Caractéristiques des principaux oueds exoréiques.

Principaux oueds	Communes traversées	Bassin versant Ou source	Sens d'écoulement
Oued SEBAOU	Baghlia, Ben Choud et Sidi Daoud	Bas Sebaou	Vers mer Sud-Est Nord-Est
Oued ISSER	Beni Amrane, Ammal, Souk El Had, Isser, Bordj Menaël et Djenet	Bas Isser	Vers mer Sud-Ouest, Nord-Est
Oued HAMIZ	Khemis El Khechna et Hammadi	Mitidja	Vers mer Sud-Est Nord- Ouest

La région contient de multiples bassins versants figure I.7 et tableau I.4.

Tableau I.4 : Contenance moyenne des différents bassins versants.

Nom du bassin	Superficie (Ha.)
-bassin versant de Oued Larbaa	2900
-bassin versant du barrage Oued Chender	1800
-bassin versant d'Isser (barrage de Beni Amrane)	6500
-bassin versant de barrage de Keddara	9300
-bassin versant de barrage Hamiz	4200

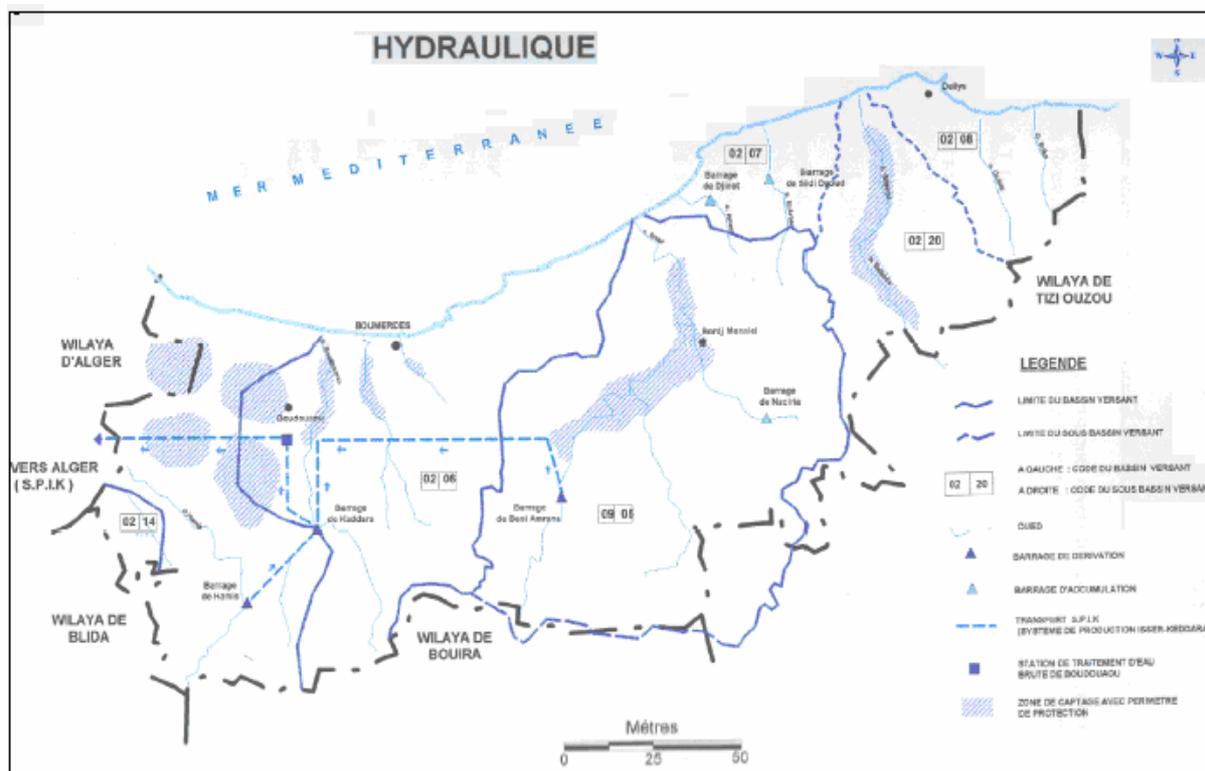


Figure I.7 : Schéma des bassins versants de la région.

I.2.3 LES OUEDS

Le réseau hydrographique d'une région constitue l'ensemble des canaux naturels de drainage par où s'écoulent les eaux de ruissellement.

I.2.3.1 OUED SEBAOU

Avec une superficie du bassin versant de 2300 km², Oued Sebaou est le cours d'eau le plus important après l'Isser. Il a une longueur de 92 km ; son débit moyen est de 33,4 m³/s.

Il draine toute la grande Kabylie [19], son apport terrigène est moins important que celui de l'Isser.

Il draine le long de son cours d'eau des produits d'altération provenant des terrains traversés, le plus souvent métamorphiques et cristallophylliens ; il charrie des alluvions composés de gros galets, de gravier et de quartz.

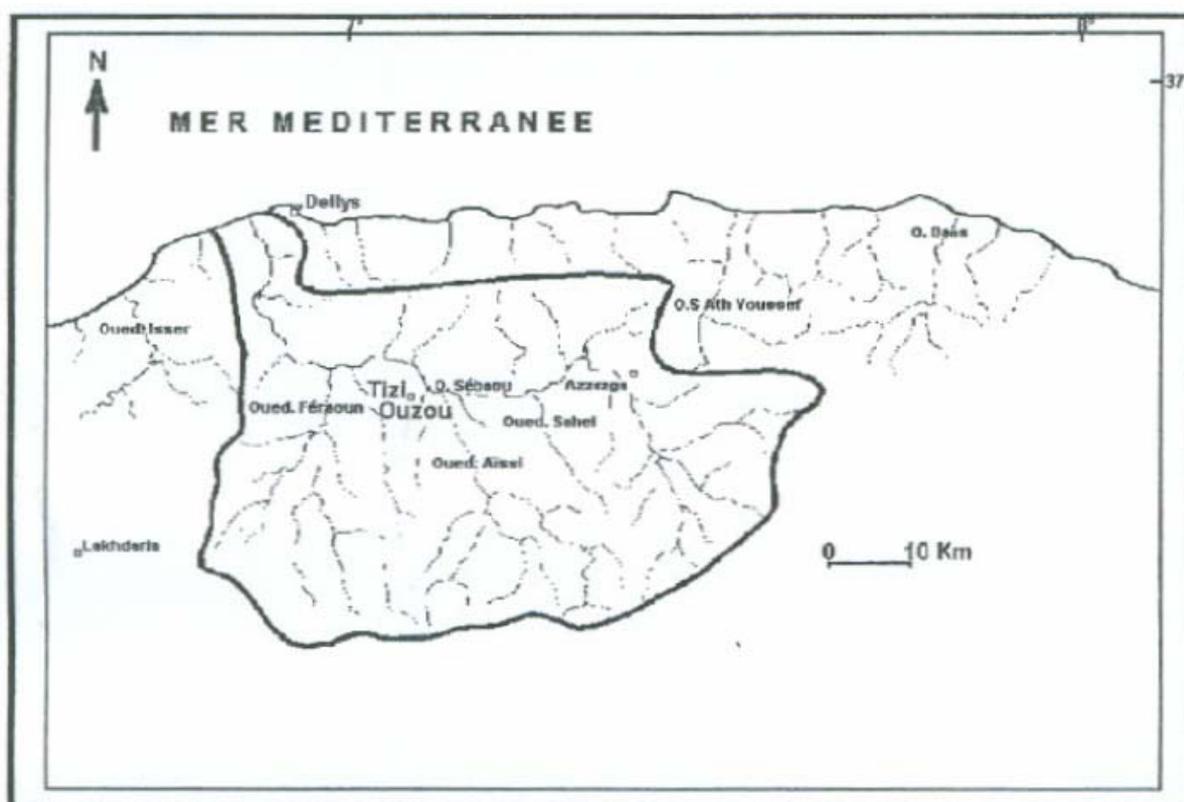


Figure I.9 : Bassin versant de Oued Sebaou.

I.2.3.2 OUED ISSER

L'Oued Isser prend sa source dans la région de Berrouaghia, et traverse du Sud au Nord notre secteur d'étude pour se jeter dans la mer Méditerranée. L'Isser est le principal vecteur hydrographique du littoral Est Algérois. Son bassin versant couvre une superficie de 3615 km². Les affluents Sud de son bassin prennent leurs sources dans les montagnes de l'Atlas Tellien (figure I.10). Il a une longueur de 200 km.

Il se jette à environ 6 km à l'Ouest du Cap Djenet et 120 km séparent cette embouchure des montagnes de l'Atlas.

Les principaux affluents de l'Oued Isser au niveau de la basse vallée sont :

- Oued Menael - Oued Bou Maizane - Oued Bou Merdja - Oued Beni Miane - Oued Aoudja
- Oued Djemaâ - Oued Cheraga - Oued Oucefda.

Les terrains affleurant le bassin versant, sont d'âge Albo-Aptien à quaternaire ; la lithologie est principalement argilo marneuse, ce qui lui donne une faible perméabilité. Oued Isser est classé parmi les oueds importants d'Algérie à cause du débit solide (apport sédimentaire en mer) conséquence d'un couvert végétal absent, favorisant un ruissellement et une érosion intense. Son débit moyen est de $14,1 \text{ m}^3/\text{s}$ [19], [17].

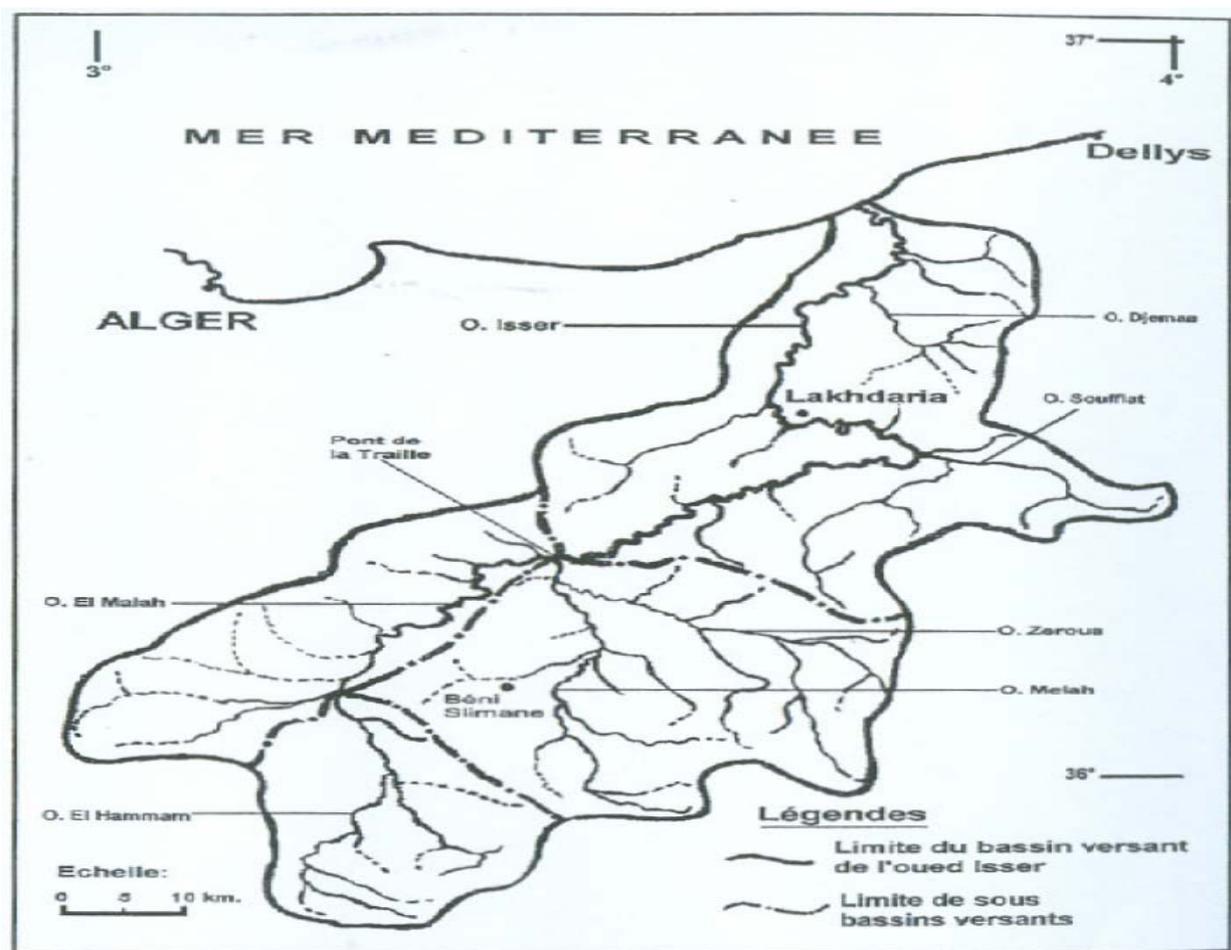


Figure I.10 : Bassin versant de Oued Isser.

I.2.3.2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE ET MORPHOLOGIQUE DU BAS ISSER

Le Bas Isser se situe dans le bassin versant de Oued Isser à 60km à l'Est d'Alger. Il occupe une superficie de 533 km^2 et sa limite occidentale est représentée par le plateau de l'Isser et des montagnes de Zouatna.

La limite septentrionale est la mer Méditerranée. A l'Est cette région se joint à la chaîne montagneuse de grande Kabylie et ce cadre est limité entre les altitudes $36^{\circ}38'$ et $36^{\circ}52'$ Nord et les longitudes $3^{\circ}32'$ et $3^{\circ}53'$ Est comme le retranscrit la figure 1.11, [17]

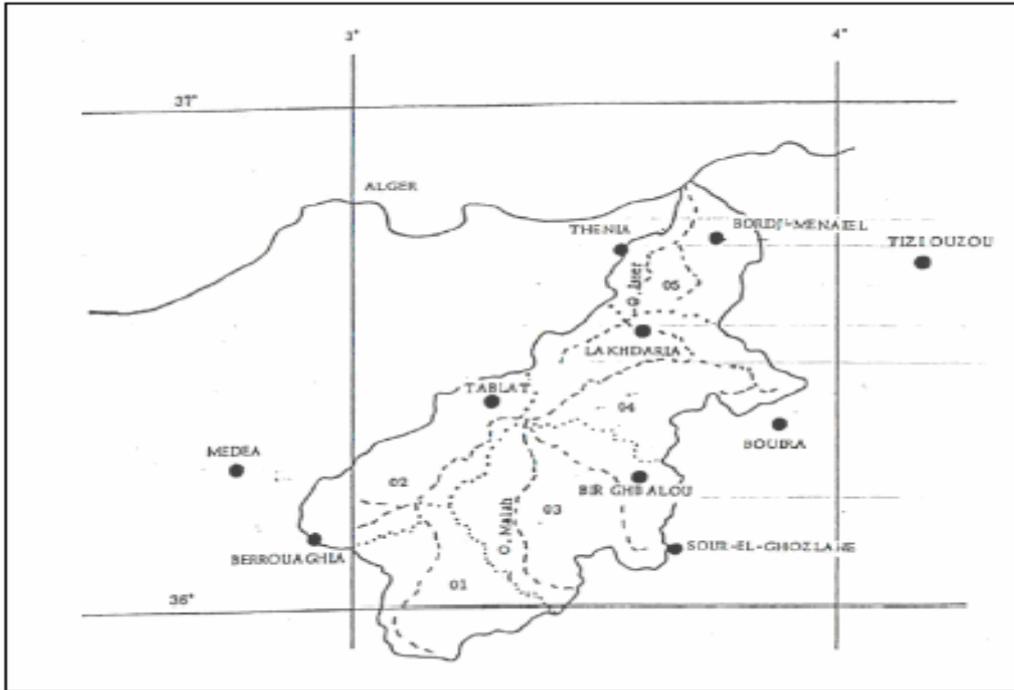


Figure I.11 : Carte des sous bassins de Oued Isser.

L'exutoire du bassin versant du Bas Isser est l'embouchure de Oued Isser, Le relief joue un rôle important sur l'hydrologie d'un bassin versant et conditionne le temps de concentration des eaux superficielles vers l'exutoire.

Les principales caractéristiques altimétriques du bas Isser sont données par le tableau ci – dessous.

Tableau I.7 : Caractéristiques altimétriques du bassin versant du Bas Isser.

Altitudes	Valeurs (m)
Altitude maximum	1031
Altitude minimum	0
Altitude moyenne	268
Altitude la plus fréquente	0-200

La région est donc caractérisée par des reliefs moyens, la lithologie est pour la plupart à perméabilité faible et moyenne, constituée de dépôts marneux et argileux.

La couverture végétale est aussi un facteur important qui influence les écoulements superficiels. Pour la plupart il y a rareté ou absence de végétation (sauf en altitude), ce qui accroît l'érosion hydrique et engendre des figures de ravinement.

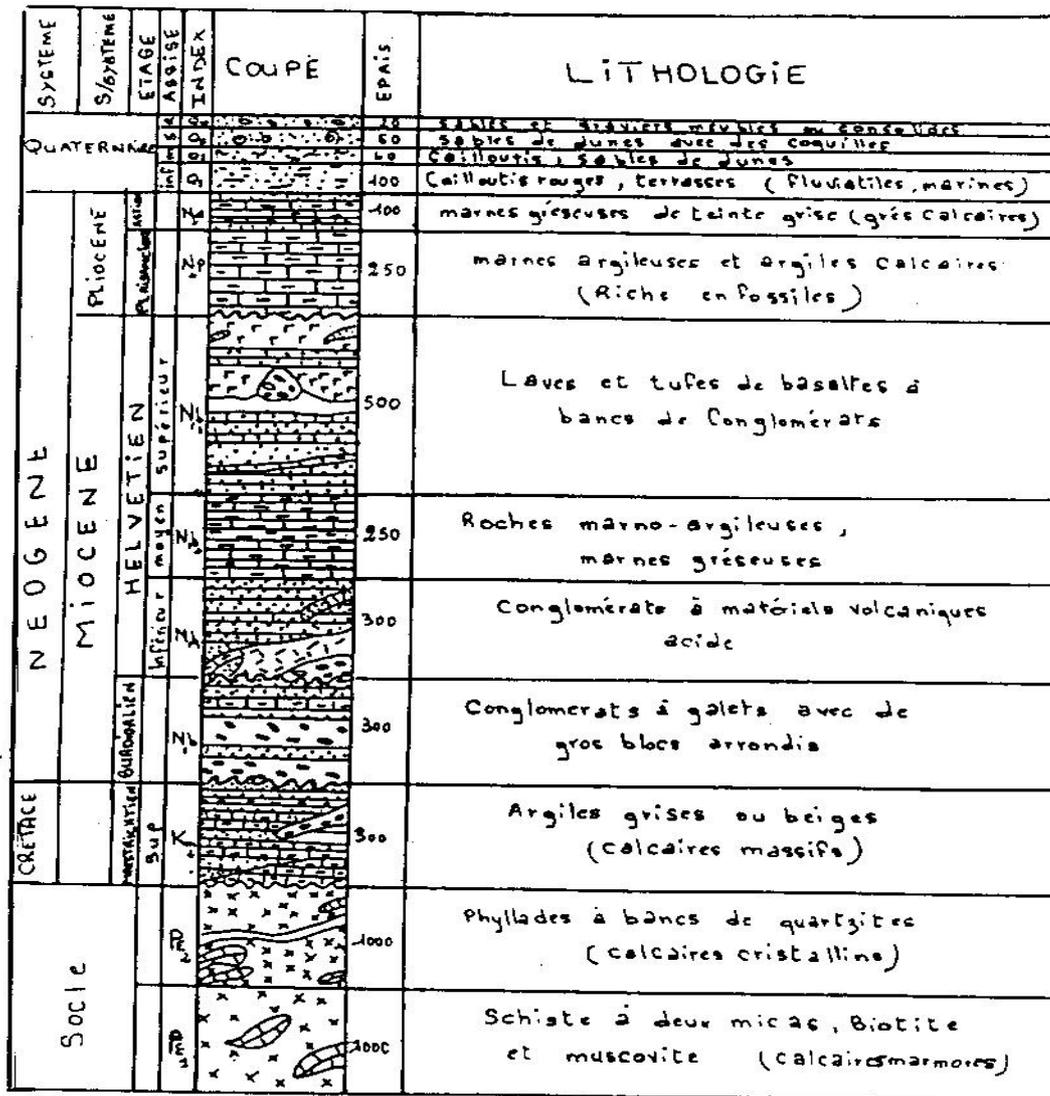


Figure I.12 : La colonne litho stratigraphique de la région

I.3 ANTROPISATION

I.3.1 POPULATION

Le dernier recensement officiel remonte à Juillet 1998 la population de la wilaya était de 647389 habitants. Sa population résidente est estimée au 31/12/2003 à 722 398 habitants, soit un taux de croissance de 2,22% (annexe I.1)

Suite au séisme du 21/05/2003, la répartition de la population a subi un changement dans la concentration au niveau des agglomérations.

Le chef lieu de la wilaya a reçu 22000 étudiants durant l'année universitaire 2004-2005.

La wilaya de Boumerdès est composée de dix (10) zones d'expansion touristique d'une superficie globale de 4512 hectares réparties dans les communes suivantes :

- | | | | |
|-------------|----------------------|--------------|-----------|
| 1-Boumerdès | 4-Boudouaou El Bahri | 7-Sidi Daoud | 10-Thenia |
| 2-Corso | 5-Legata | 8-Dellys | |
| 3-Zemmouri | 6-Cap Djenet | 9-Afir | |

Par son caractère balnéaire, l'un de ses déterminants essentiels est la concentration spatio-temporelle des flux de vacanciers, qui dénotent des seuils de fréquentation des sites qui dépassent leur capacité de charge. A titre indicatif, selon des enquêtes directes sur le terrain les plages de Boumerdès qui s'étalent sur un linéaire, pendant la période estivale de 2004 à reçu 9,5 millions d'estivants.

En 1996 elle a reçu 2679300 visiteurs, si on circonscrit l'occupation de l'espace balnéaire dans un rayon d'une cinquantaine de mètres au large et d'une quarantaine de mètres vers la partie terrestre. Un simple rapport est établi comme suit pour le site balnéaire de Boumerdès :

- * Juin : 0,75m² par baigneur
- * Juillet : 0,46 m² par baigneur
- * Août : 0,39 m² par baigneur [20].

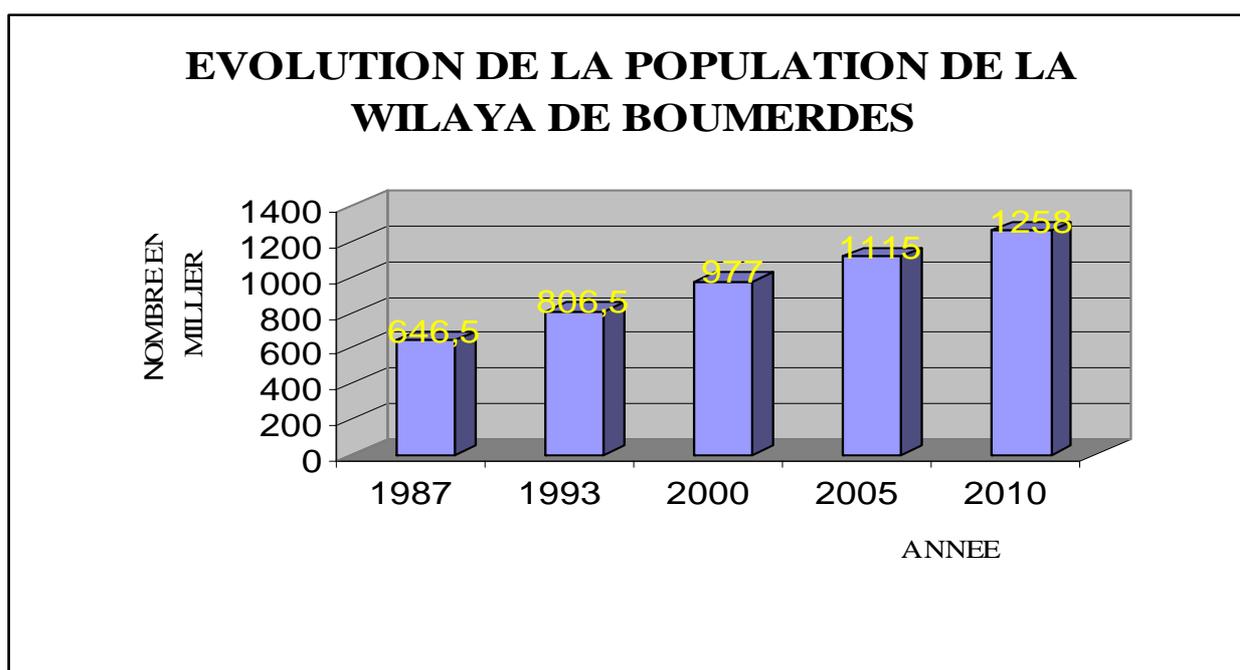


Figure I.13 : Estimation de l'évolution de la population de la wilaya [21].

I.3.1.1 EAUX USEES URBAINES

Il existe dans la wilaya de Boumerdès trois stations d'épuration fonctionnelles qui traitent quelques communes. Le reste des eaux usées urbaines et pluviales ne subissent aucun traitement et vont via le réseau d'assainissement vers les différents cours d'eau.

L'annexe I.2 dresse une synthèse de la situation.

I.3.2 ECONOMIE LOCALE

I.3.2.1 AGRICULTURE

La wilaya de Boumerdès est à vocation agricole avec une superficie agricole totale de 99954 ha [6], et est caractérisée par de différentes spéculations. Les cultures maraîchères occupent une place importante, mais il y a aussi les céréales, les fourrages, l'arboriculture, la viticulture, les cultures industrielles et un vaste domaine forestier.

La pratique de l'élevage est aussi répandue : bovins, ovins, caprins, l'aviculture, l'apiculture et l'oléiculture [22].

Tableau I.8 : Superficie des périmètres agricoles littoraux [23]

Périmètres agricoles	Superficie (Ha.)
Vallée du Sébaou	11645
Vallée du bas Isser	10000

I.3.2.2 PECHE ET PLAISANCE

La wilaya compte deux ports de pêche au niveau de la commune de Dellys, Zemmouri et un abri au niveau de la commune de Cap Djenet.

Tableau I.9 : Caractéristiques des ports existant à Boumerdès.

Ports	Jetées en mètre linéaire	Quais (ml)	Superficie des plans d'eau (Ha.)
Port de Dellys	460	300	6.3
Port de Zemmouri	490	365	3.4
TOTAL	950	665	9.7

La flottille de pêche est composée comme suit :

Tableau I.10 : La flottille de Boumerdès.

Flottille Ports et Abri	Chalutiers	Sardiniers	Petits Métiers
Port de Dellys	07	24	20
Port de Zemmouri	-	46	12
Abri de cap Djenet	-	-	16
TOTAL	07	70	48

La production halieutique concerne des espèces variées. La production halieutique annuelle (en tonne) pour 2003 par groupes d'espèces est la suivante :

Tableau I.11 : Production halieutique de 2003.

Espèces ----- Ports et abris	Poissons démersaux	Petits pélagiques	Grands pélagiques	Crustacés	Mollusques	Total
Dellys	258.88	5429.63	45.8	49.9	19.37	5803.58
Zemmouri	174.87	12245.83	74.26	-	7.55	12502.51
Cap Djenet	38.39	20.17	7.8	0.5	4.83	71.69
Total	472.14	17695.63	127.86	50.4	31.75	18377.78

I.3.3 INDUSTRIE

I.3.3.1 EVOLUTION DU SECTEUR INDUSTRIEL

Le secteur de l'industrie s'est développé durant les dix dernières années. Cette industrie engendre des effluents liquides, des déchets et des émissions de gaz potentiellement toxiques. Actuellement à part quelques rares industries, les émissions liquides, solides et gazeuses partent directement dans l'environnement sans aucune forme de traitement, donc contaminent l'eau souterraine et de surface librement.

L'industrie dans la wilaya de Boumerdès est constituée majoritairement par de petites entreprises employant moins de 10 personnes. Elles sont approximativement au nombre de 146, localisées principalement dans le tissu urbain.

En 2004 on comptait 129 installations classées (employant plus de 10 personnes) appartenant à sept (7) groupes de production (annexe I.3).

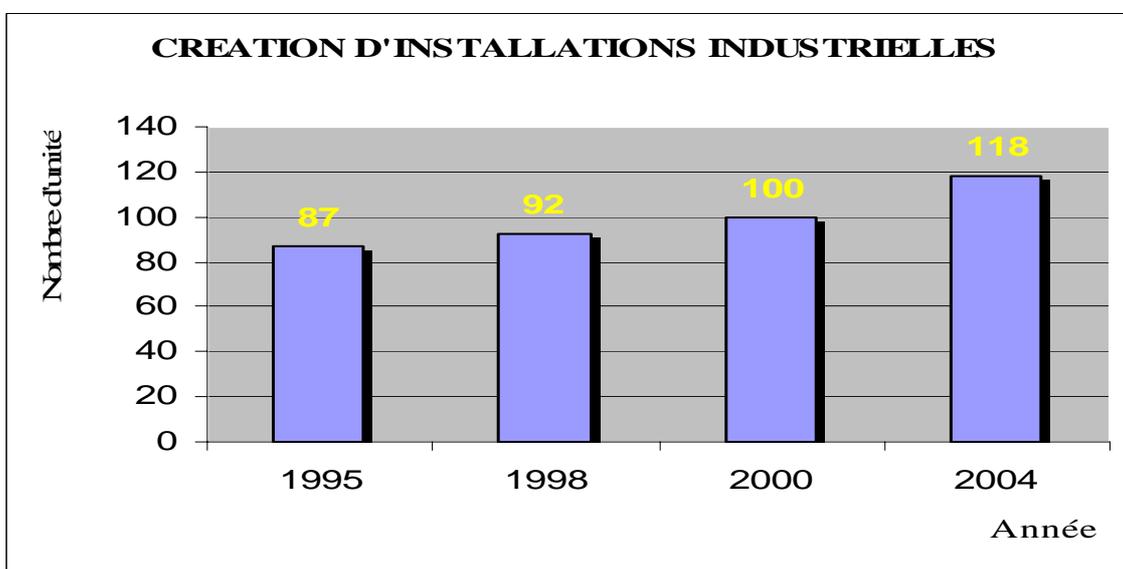


Figure I.14 : Evolution du secteur industriel depuis 1995 à 2004.

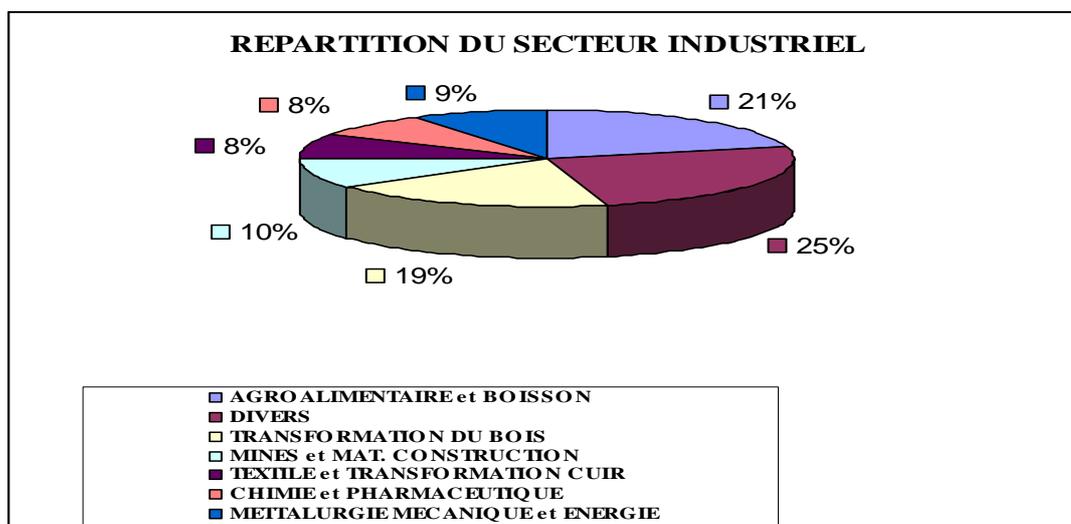


Figure I.15 : Répartition des industries dans les différents groupes de production.

I.3.3.2 EMISSION DE GAZ

Les établissements industriels libèrent les principaux polluants de l'air comme les particules, le plomb, le CO₂, les SO_x, et les NO_x, et les gaz à effet de serre comme le CO₂ et le CH₄. Il n'y a pas eu d'études pour déterminer la contribution de chaque branche industrielle dans ces émissions, à savoir que les secteurs contribuant le plus à cette pollution atmosphérique sont potentiellement : les cimenteries, les centrales thermiques, les usines de fertilisants...etc. Le tableau I.12 fournit une idée sur la qualité des émissions de ces gaz, pour la centrale électrique de Cap-djenet en 1995[24].

Tableau I.12 : Charge émise en tonnes par la centrale électrique de Cap Djenet.

Gaz émis	N O _x	CO	COV	SO ₂	VOLUME GAZ NM ³
CENTRALE CAP DJENET	5262	383	17	6	598. 10 ⁶

A cela s'ajoute la combustion des déchets urbains brûlés à l'air libre par des feux sur la base des estimations de l'ONS, relatives au nombre d'habitants dans les zones urbaines en 1995. Les émissions de polluants dus à la combustion de déchets ménagers ont été estimées et reprises sur le tableau I.13.

Tableau I.13 : Estimation de la charge (tonnes) de pollution en 1995 due à la combustion de déchets urbains.

Gaz émis	NO _x	CO	COV NM	SO ₂
Quantités	33	464	238	5 ,5

I.3.3.3 EAUX USEES INDUSTRIELLES

Eaux résiduaires industrielles, sont toutes les eaux qui sont en principe rejetées par l'industrie dans le milieu extérieur, après avoir contribué à la fabrication, au nettoyage, au transport, au refroidissement, etc., en excluant généralement les eaux pluviales sauf si elles sont polluées par des eaux de ruissellement suite aux lessivages des toitures d'usines à l'origine d'une forte pollution atmosphérique (par exemple, cimenteries, centrales thermiques, etc.) ou des sols de sites industriels en activité ou à l'abandon, contaminés par des substances diverses (composés azotés, hydrocarbures, sels métalliques) [25]. Pour les eaux résiduaires de Boumerdès, voir (annexe I.4).

La pollution des eaux résiduaires se trouve sous trois formes :

- Les matières en suspension qui sont des particules de dimensions supérieures à quelques µm
- Les matières colloïdales qui sont des particules dont la taille est approximativement comprise entre le manomètre et quelques µm
- Les matières dissoutes constituées de molécules isolées ou non et d'amas macromoléculaires pouvant aller jusqu'au manomètre [26].

Les eaux résiduaires rejetées par les différentes industries existantes dans la wilaya sont caractérisées par leurs provenances et du process suivie pour chaque branche. Les annexes (I.5 et I.6) reprennent les propriétés des rejets et leurs impacts sur le milieu naturel.

La nature et la composition des rejets sont très variables d'une industrie à l'autre ; il en est de même de leur impact sur le milieu [25].

I.3.3.4 DECHETS SOLIDES ET SPECIAUX

L'évolution qu'a connue la wilaya notamment en matière d'urbanisation, mode de vie et de consommation, s'est répercutée sur la production des déchets solides qui est estimée quotidiennement à 387 tonnes avec un ratio de 0.6 kg/jour/hab. [6].

La quantité des déchets hospitaliers générée quotidiennement est estimée à 1,1 tonne.

A titre indicatif une estimation par types de déchets urbains (tonnes / jours) à été réaliser en 1997 [20].

Tableau I.14 : Répartition des déchets en tonnes par jour et par type.

Wilaya	Matière organique	Textile	Métaux	Papier	Verre	Plastique
Boumerdès	115.5	8.62	6.89	25.8	3.5	8.62

Il est difficile de donner une estimation fiable de la quantité de déchets solides produits par les établissements industriels dans la wilaya, à cause de l'absence d'études statistiques sur le sujet. Les produits non dangereux comme les déchets liés à la construction, sont considérables.

Suite au séisme du 21-05-2003, les déchets inertes sont évalués à deux millions cinq cents milles mètres cubes.

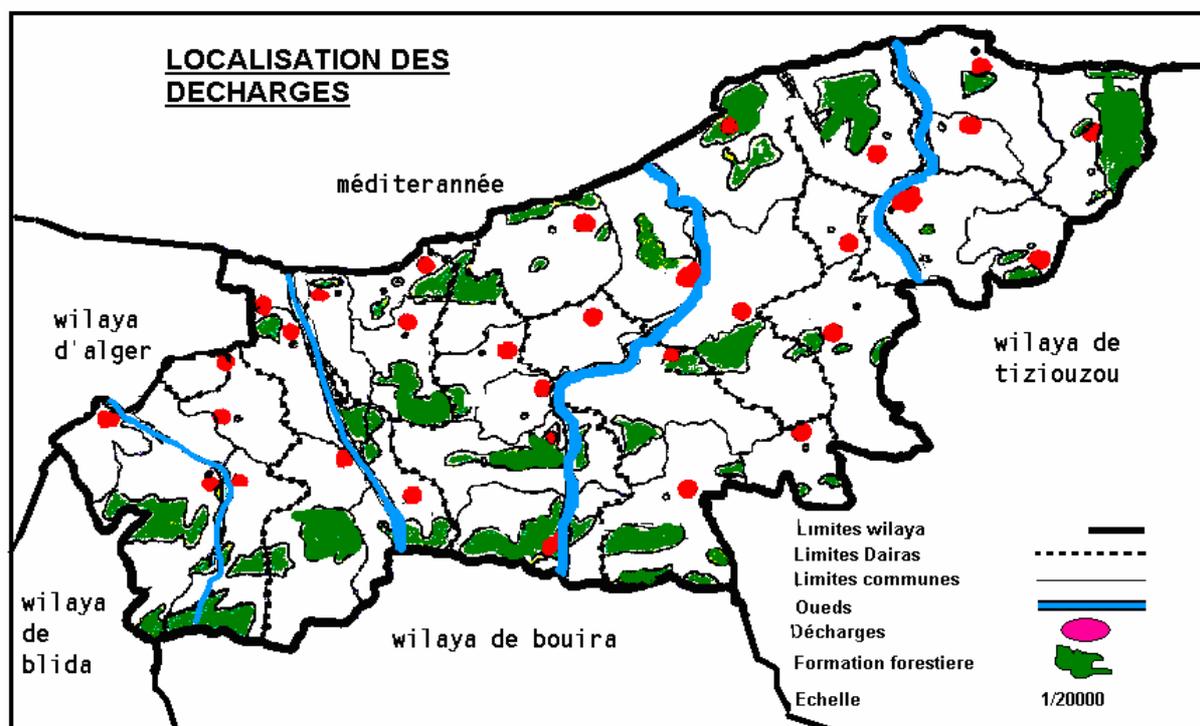


Figure I.16 : Localisation des décharges sauvages dans la wilaya de Boumerdès

I.3.4 QUALITE DES EAUX

La pollution des eaux se traduit par des effets très spécifiques dus aux particularités écologiques propres aux milieux aquatiques.

L'eau est capable de dissoudre peu ou abondamment, mais souvent avec facilité, la plupart des substances chimiques minérales ou organiques. De plus, elle met en suspension les matières insolubles et les déchets solides de sorte que tout polluant de l'eau va se trouver entraîné par le jeu du cycle hydrologique fort loin en aval de la source de contamination [28].

L'eau sous ses différents états physiques (gazeux, liquide, solide) suit un vaste cycle dans la nature [29].

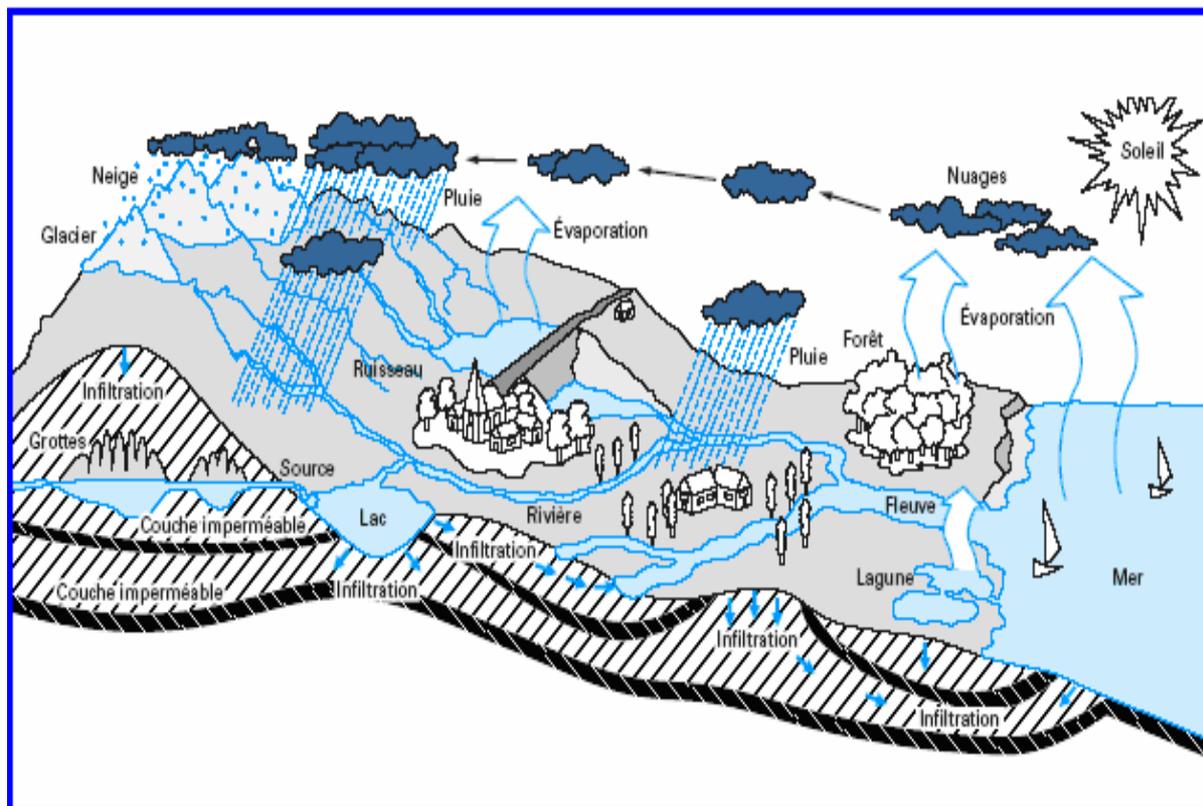


Figure I.17 : Cycle de transformation de l'eau dans la nature [29].

I.3.4.1 LES EAUX DE SURFACE

Les eaux de la wilaya de Boumerdès sont affectées par les eaux usées provenant de l'industrie, l'agriculture et les rejets urbains. L'utilisation massive des pesticides et des engrais pour l'agriculture contaminent l'eau souterraine et de surface. L'activité industrielle produit des effluents chimiques à large spectre qui se déversent surtout dans les eaux de surface côtières (annexe I.7). Il est difficile d'estimer la charge polluante totale déversée dans l'eau par les différents secteurs économiques à cause du manque de données sur la quantité et la qualité des effluents et aussi la manière dont ils sont traités et le lieu de stockage ou de déversement.

Tableau I.15 : Stress environnementaux sur les ressources en eau

Activité économique	Source de contamination	Preuve de stress
Agriculture	Utilisation excessive d'eau souterraine et de surface Utilisation massive de produits agrochimiques	Manque saisonnier d'eau Contamination potentielle des eaux souterraines par les pesticides et les nitrates
Industrie	Décharge d'eau usée Dépôt de déchets solides non contrôlés	Contamination des rivières et des eaux côtières Contamination des eaux des rivières et souterraines par percolation
Transport	Utilisation d'essence plombée Huiles usées Déversement d'eau de ballastes	Plomb dans les rivières et les eaux côtières surtout en hiver Huiles dans les rivières, puits et eaux côtières Marées noires
Energie	Thermoélectricité	Décharge d'eau de refroidissement conduit à une contamination thermique
Activité humaine	Egouts et fosses septiques non contrôlés Utilisation excessive de l'eau souterraine	Contamination bactériologique de l'eau souterraine et de surface Inursion de l'eau salée dans les zones côtières

I.3.4.2 LES EAUX COTIERES

L'eau de mer reçoit l'eau contaminée en provenance des oueds, des eaux usées domestiques ou industrielles, de l'agriculture, de l'eau d'infiltration à partir des décharges côtières des eaux de ballastes ainsi que des apports atmosphériques directs.

Pour le littoral de la wilaya de Boumerdes la surveillance de la qualité des eaux de mer se fait par des analyses micro biologiques, qui obéissent au décret n° 93-146 du 10 Juillet 1993, réalisées au sein de la direction de santé.

Pour l'année 2004 sur les 18 plages autorisées à la baignade seule 45 contrôles ont été effectués sur une période de 3 mois, ce qui représente un contrôle par mois et par plage La figure I.18 représente le nombre d'analyses bactériologiques effectué sur les plages de la wilaya de 1999 à 2004 [31].

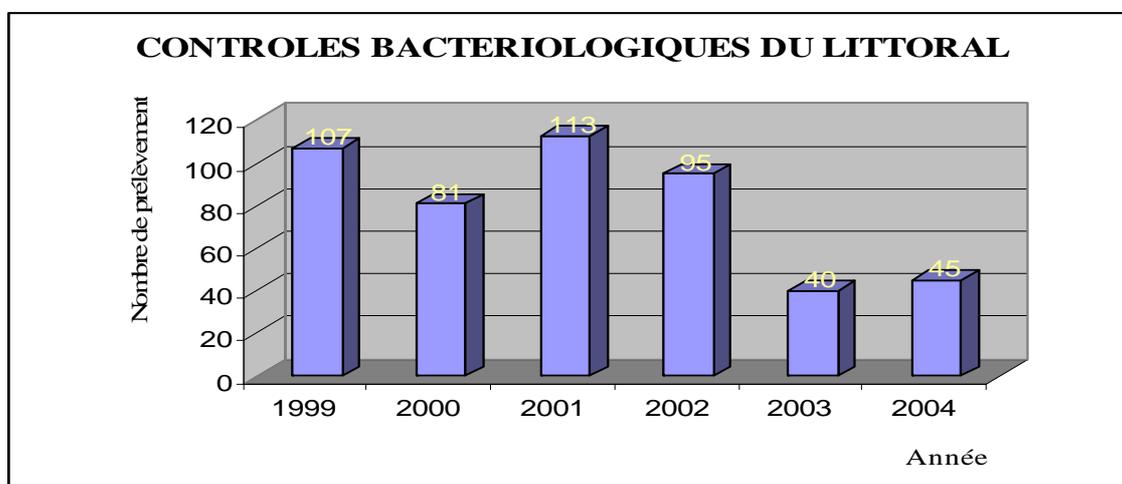


Figure I.18 : Fréquence des contrôles bactériologiques sur les eaux de baignade

I.3.5 QUALITE DE L'AIR

L'étude des transferts de polluants atmosphériques vers les milieux aquatiques est une préoccupation récente. Ce sont les pluies acides, mises en évidence depuis le milieu du 19^{ème} siècle, qui sont la manifestation la plus évidente des transferts de pollution atmosphérique vers les milieux aquatiques.

L'extrême mobilité des polluants dans l'atmosphère entraîne des précipitations acidifiantes loin des lieux d'émissions (déposer ou lessiver par la pluie).

L'apport de métaux lourds (mercure, plomb, cuivre....) dans le milieu aquatique dans le monde via l'atmosphère est non négligeable [32].

Un rapport de la commission de coopération environnementale indique que le mercure aboutit très souvent dans les systèmes aquatiques où il s'accumule dans les organismes vivants [33].

Pour la wilaya de Boumerdès, il n'existe pas d'étude sur le sujet ni d'organisme chargé du suivi (SAMA SAFIA).

CHAPITRE II

LES METAUX EN MILIEU AQUATIQUE

II.1 L'HOMME ET L'ENVIRONNEMENT

II.1.1 INTRODUCTION

La notion d'environnement est définie à l'heure actuelle comme étant « un système organisé, dynamique et évolutif de facteurs naturels (physiques, chimiques, biologiques) et humains (économiques, politiques sociaux, culturels) où les organismes vivants opèrent et où les activités humaines ont lieu et qui ont de façon directe ou indirecte, immédiatement ou à long terme, un effet ou une influence sur ces êtres vivants ou sur les activités humaines à un moment donné et dans un air géographique défini ». La norme ISO 14 001 (1996) : Système de management environnemental, spécifications et lignes directrices pour son utilisation, lui donne la définition suivante:

« milieu dans lequel un organisme fonctionne, incluant l'air, l'eau, la terre, les ressources naturelles, la flore, la faune, les êtres humains et leurs interrelations (dans ce contexte le milieu s'étend de l'intérieur de l'organisme au système global) »[34].

Par ailleurs, l'environnement est un concept à échelle multiple : micro, méso et macro-environnement représenté dans le tableau II.1. Dans le cadre de notre étude nous nous intéresserons à la wilaya de Boumerdès, qui constitue l'échelle « méso environnement ».

Tableau II.1 : Les échelles de l'Environnement [35].

ECHELLE	SYSTEME DE REFERENCE
Mico-environnement -le milieu de vie -le quotidien -la résidence -le quartier	-un individu -un groupe restreint
Méso-Environnement -le milieu de vie élargie -la ville -la région -l'Etat	Un groupe élargie d'intérêt commun (culturel, social, économique....)
Macro-Environnement -les conditions de vie humaine -le continent -la terre	-la société -l'espèce humaine

La figure II.1 représente les relations qu'entretient l'être humain seul ou en société avec son milieu. Les quatre grandes catégories de composantes de l'environnement se définissent comme suit :

- l'environnement biophysique : topographie, climat, qualité de l'air et de l'eau, niveau de bruit, sols, flore, faune.
- l'environnement créé par l'homme : modification dont il est maître d'ouvrage dans le but est de satisfaire ses besoins.
- l'environnement d'activité inclut l'ensemble des places et des lieux créés par l'homme pour des activités communautaires.
- l'environnement général de la communauté qui englobe les biens et services.

Ces relations insufflent une dynamique au système, synthétisé ci-dessous [35]:

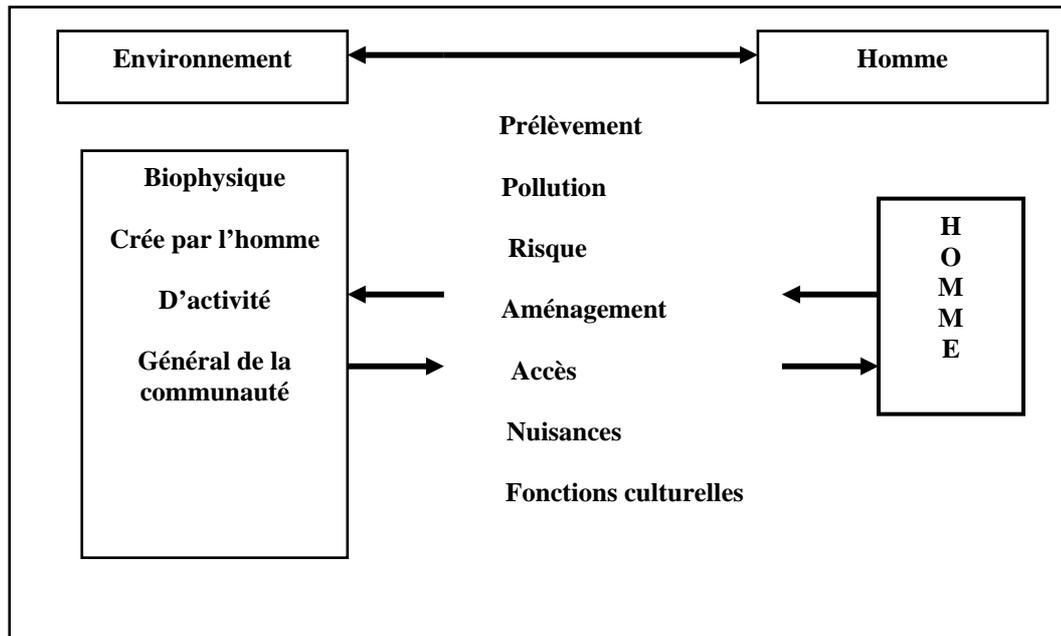


Figure II.1 : Les relations entre l'homme et son environnement.

II.1.2 L'IMPACT DE L'HOMME SUR LE MILIEU

Le terme impact est apparu vers 1824, du latin < impactus > qui signifie « heurté ». Ce n'est que vers le milieu des années 60 qu'il prend le sens figuré d'effet d'une action forte et brutale.

Un impact sur l'environnement peut se définir comme l'effet, pendant un temps donné et sur un espace défini, d'une activité humaine sur une composante de l'environnement :

- Les effets sur la santé et le bien-être des populations, milieux et l'environnement, les écosystèmes (flore et faune incluses).
- Les effets sur le climat et l'atmosphère.
- L'utilisation des ressources naturelles (régénératrices et minérales).
- Le recyclage et l'élimination des résidus et des déchets.
- Les aspects connexes tels que la réinstallation des populations, les sites archéologiques, le paysage, les monuments, ainsi que l'incidence sociale et les effets en amont, en aval et transfrontières [36] .

Les critères de jugement de l'importance de l'impact sont représentés sur le tableau II.2.

Tableau II.2 : Les critères d'évaluation de l'importance d'un impact

Composantes biophysiques	Permanence de l'effet anticipé et son potentiel cumulatif Rareté ou unicité des espèces et des écosystèmes Sensibilité du milieu d'insertion en ce qui a trait à la résilience Réversibilité des impacts Moment de manifestation de l'effet
Composantes humaines	Sensibilité des groupes humains affectés Réversibilité des impacts Valeur accordée à la ressource qui subit l'impact au moment de manifestation de l'effet Conséquences économiques

L'impact peut porter un ensemble de qualificatifs :

- Impact direct, exprime une relation de cause à effet entre une composante et un élément de l'environnement.
- Impact indirect découle d'un impact direct et lui succède dans une chaîne de conséquences.
- Impact cumulatif est le résultat d'une combinaison d'impacts générés par un même élément ou par plusieurs dans le temps (passé, présent ou avenir) et dans l'espace
- Impact résiduel est l'impact qui reste après l'application de mesure d'atténuation [37].

II.2 NOTION DE RISQUE DE POLLUTION

II.2.1 DEFINITION

Le risque est « un danger, un inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé » (Petit Larousse), Bernier (1998) [38] note que dans ces définitions, « danger plus ou moins probable » signifie qu'il existe un événement potentiel auquel est associé une probabilité d'occurrence et des conséquences dommageables, l'idée d'exposition d'une cible apparaissant comme condition nécessaire à l'existence du risque. L'intensité d'un risque est donc traduite par l'importance de sa probabilité d'occurrence, P, et le niveau des conséquences dommageables. Plus le risque encouru est grand. L'interprétation de la figure II.2. est le plus souvent qualitative car il est difficile d'évaluer numériquement la probabilité P et surtout le niveau des dommages D. la limite entre les domaines de risque acceptable et inacceptable est généralement assez floue notamment parce que la perception des dommages peut varier avec les individus ciblés.

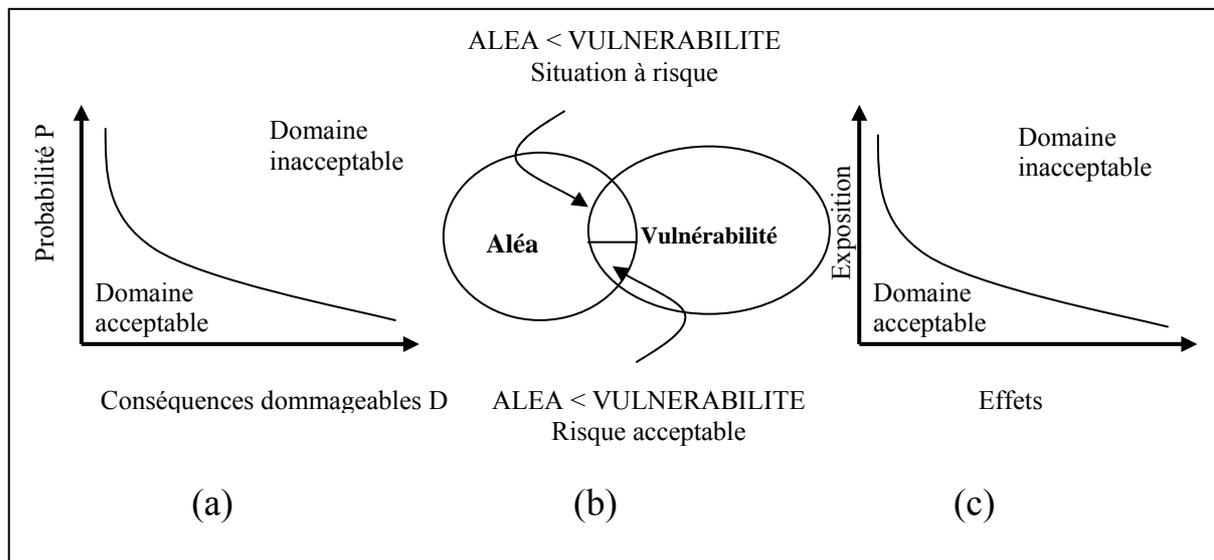


Figure II.2. : Représentation du risque : cas général (a), risque naturel (b), risque en santé environnementale (c).

En santé environnementale, le risque est évalué par le croisement entre l'exposition à un polluant et les effets de ce polluant sur une cible. Le schéma général, figure II.3 résume les différentes étapes conduisant à l'évaluation d'un risque pour l'homme ; de manière équivalente, l'exposition peut se rapporter au compartiment aquatique de l'écosystème.

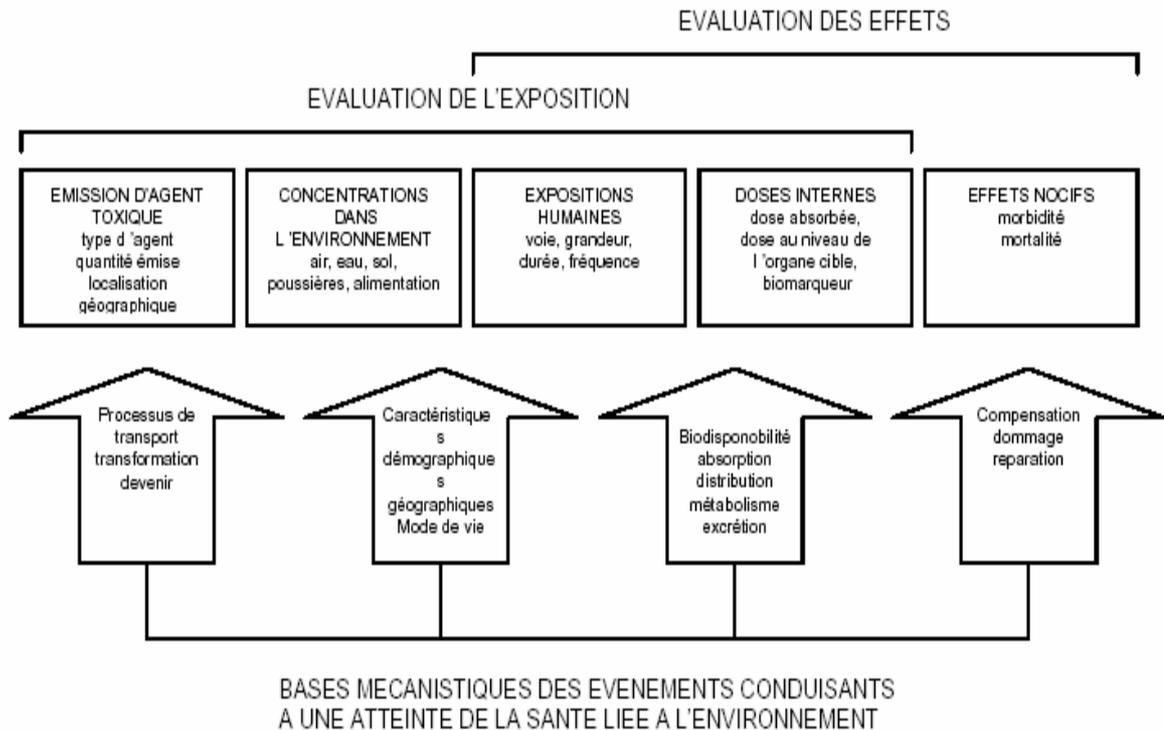


Figure II.3 : Paradigme de la santé environnementale [38]

II.2.2 THEORIE DU STRESS

II.2.2.1 LE SYNDROME GENERAL D'ADAPTATION

Selon la définition de Seyle [39] (1962), le stress est la réponse normale d'un organisme à une agression, il lui permet de mobiliser son énergie pour surmonter une phase de perturbations d'une durée imprévisible, en attendant le retour à la norme antérieure.

Le syndrome général d'adaptation développé pour les mammifères, peut être transposé aux rivières soumises à une pression humaine.

Le stress est donc une réponse interne normale et transitoire d'un organisme vis-à-vis d'un stimulus perturbateur externe. Il n'a pas obligatoirement un aspect néfaste, il permet à celui-ci de s'accommoder des changements d'environnement [39].

II.2.2.2 REPONSE D'UNE RIVIERE SOUS STRESS

Les toxicologues définissent trois zones de réponse d'un organisme (dans notre cas il s'agira de rivière) à une augmentation de concentration toxique qui sont : la résistance, la résilience et le changement d'état, c'est-à-dire le remplacement de l'hydrosystème primitif (figure II.4)

1. Zone d'Homéostasie : une rivière doit nécessairement posséder des mécanismes homéostatiques ou d'autorégulation, capables d'ajuster les pertes d'espèces ou d'individus sans altération de son intégrité fonctionnelle. Nous sommes dans la phase de résistance.
2. Zone de Résilience : la pression perturbatrice augmentant, le système se réorganise, s'accommode afin de contrecarrer ses effets néfastes. Nous sommes dans la phase de résilience.
3. Changement d'état : si la pression perturbatrice augmente davantage, nous sortons du domaine de stabilisation primitif [30].

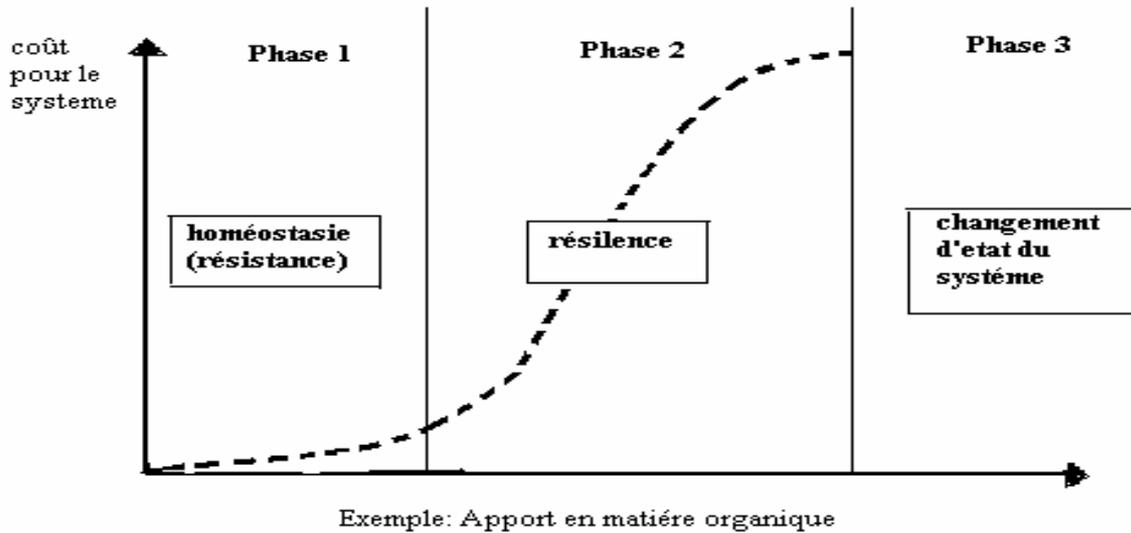


Figure II.4 : Les évolutions de l'hydrosystème suite à un stress environnemental [30].

II.3 POLLUTION DES MILIEUX AQUATIQUES PAR LES METAUX

II.3.1 INTRODUCTION

L'eau est indispensable à toute vie, animale ou végétale. C'est aussi une matière première importante pour l'agriculture et l'industrie. A proprement parler, l'eau n'est jamais consommée, comme le pétrole ou le gaz naturel, elle est renouvelable puisqu'elle est restituée au milieu extérieure après tout usage, parfois sous forme de vapeur (dans les panaches, notamment), sous forme d'effluents plus ou moins pollués.

Il y a donc deux problèmes liés concernant l'eau : l'un quantitatif (disponibilité), l'autre qualitatif (degré de pollution) [40].

L'organisation mondiale de la santé (OMS) donne la définition suivante pour la pollution des milieux aquatiques : c'est « toute modification des propriétés physiques, chimiques, ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse ou préjudiciable du point de vue, soit de la santé, de la sécurité et du bien être publique, soit de ses usages destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique ».

On peut se poser la question de l'impact de l'activité humaine devant l'immensité de la mer ?

Il faut noter que les zones de la mer les plus intéressantes pour l'homme sont limitées :

- littoral en ce qui concerne le tourisme

- milieu côtier (province néritique) et aux grands courants pour la pêche.

Ces zones sont justement les plus soumises à la pollution : rejet des rivières et effluents, zones de trafic maritime, activités portuaires....etc. [41].

Les annexes II.1 (a) et (b) proposent les types et provenance de la pollution marine avec un classement des polluants [42], [43].

Parmi les pollutions les plus dangereuses, on retrouve la pollution métallifère dont les propriétés sont :

- la toxicité, aiguë ou chronique, pour l'homme ou pour l'environnement ;
- la bioaccumulation, c'est à dire l'accumulation du polluant dans les tissus des organismes vivants soit par exposition directe au milieu pollué, soit par ingestion d'une nourriture contaminée ;
- la persistance, c'est à dire la longévité de la molécule rejetée dans l'environnement due à sa résistance aux processus de dégradation physico-chimiques ou biologiques;
- le potentiel de transport à longue distance, c'est à dire la capacité de ces substances à être transportées loin de leurs sources d'émission via l'air ou l'eau [44].

Une comparaison de critères de classifications des substances chimiques entre divers instruments internationaux est proposée dans L'annexe II.2 [44].

II.3.2 GENERALITES SUR LES METAUX

Les métaux sont naturellement présents dans la croûte terrestre. Les métaux sont des éléments lourds, concentrés dans le magma granitique. Depuis la formation de la Terre, ils suivent un cycle géochimique qui conduit à une distribution hétérogène de leurs concentrations à la surface du globe. Les métaux sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantité très faible (en traces) [45].

Le protocole métaux lourds de la convention de Genève désigne par le terme « métaux lourds » (ML), les métaux dont la masse volumique dépasse 4,5 g.cm⁻³. D'un point de vue scientifique, le terme « métaux lourds » est progressivement remplacé par « éléments traces métalliques ». Car ils représentent 0,6 % (en masse) du total des constituants de la croûte terrestre [46].

Les éléments sont dit aussi traces lorsque leur concentration dans le sol est inférieure à 1 g.kg⁻¹ de matière sèche (ms) et qu'elle est inférieure à 0,1 g.kg⁻¹ms chez les êtres vivants. Les métaux, et en particulier les ML, sont caractérisés par une non biodégradabilité, qui leur confère un pouvoir d'accumulation important dans la biosphère [47].

Certains chercheurs utilisent des définitions plus spécifiques encore. Le géologue, par exemple, considérera comme métal lourd tout métal réagissant avec la pyridine (C₅H₅N).

Les apports naturels au cycle hydrologique sont engendrés par l'érosion de roches riches en minéraux métallifères et des sols enrichis par la matière organique et sa minéralisation. Le tableau II.3 dresse, à titre d'exemple, une liste non exhaustive de ces sources potentielles [48]

Tableau II .3 : Exemples de roches riches en minéraux métalliques [48]

Éléments	Sources naturelles ou métaux. Minéraux métalliques
Antimoine Arsenic	Stibnite (Sb_2S_3), sources géothermales, drainage des mines Arséniures ou arséniates métalliques, minerais de sulfures, Arsénite ($HAsO_2$), gaz volcaniques, sources géothermales
Béryllium Cadmium	Béryl ($Be_3Al_2Si_6O_{16}$), Phénacite (Be_2SiO_4) Carbonate de Zinc et minerais de sulfures, Carbonate de Cuivre et minerais de sulfures,
Chrome Cuivre	Chromite ($FeCr_2O$), oxyde de Chrome (Cr_2O_3) Métal libre (Cu_0), sulfure de cuivre (CuS_2), Chalcopryrite ($CuFeS_2$), drainage des mines
Plomb Mercure	Galène (PbS) Métal libre (Hg_0), Cinabre (HgS)
Nickel	Minéraux ferromagnésiens, minéraux ferreux de sulfures, Pentladite ($(Ni,Fe)_9S_8$), oxyde de nickel (NiO_2), hydroxyde de nickel ($Ni(OH)_3$)
Sélénium	Élément libre (Se_0), Ferrosilite ($FeSe_2$), dépôts d'Uranium, schistes noirs, dépôts de Chalcopryrite – Pantladite – Pyrrhotite
Argent	Métal libre (Ag_0), chlorure d'argent ($AgCl_2$), Argentite (AgS_2), minerais de Cuivre, Plomb et Zinc
Zinc	Hornblende (ZnS), Willémitte ($ZnSiO_4$), Calamine ($ZnCO_3$), drainage des mines

II.3.3 ORIGINES NATURELLES ET HUMAINES DES METAUX DANS L'ENVIRONNEMENT

II.3.3.1 APPORTS TELLURIQUES NATURELS

L'érosion de l'écorce terrestre est susceptible d'enrichir les cours d'eau en éléments métalliques. En tête de bassin, les roches sont altérées et désagrégées par l'action mécanique de l'érosion (agents météoriques) et par l'attaque des acides formés dans l'atmosphère (acide carbonique) ou issus de la décomposition de la matière organique (acides humiques).

Des apports par la voie atmosphérique existent également : volcanisme, érosion et transport éoliens de poussières, transport d'aérosols d'origine océanique, feux de forêts, etc.

Certaines eaux souterraines, en particulier dans les régions volcaniques ou les nappes profondes, sont très riches en métaux.

Pour le cas particulier des eaux marines, l'activité tectonique et le volcanisme sous-marins sont également à l'origine d'un apport en éléments métalliques [49].

II.3.3.2 APPORTS ANTHROPIQUES

Du fait de leurs propriétés physiques intéressantes (bons conducteurs de chaleur et d'électricité, caractéristiques de dureté, de malléabilité, possibilités d'alliages, propriétés catalytiques, etc.), les métaux sont très largement utilisés par l'homme. Cette utilisation n'a apporté aucun changement quant aux quantités de métaux présentes sur Terre : l'activité humaine ne crée ni ne détruit des éléments métalliques. En revanche, elle modifie très significativement leur répartition et les formes chimiques sous lesquelles ils sont présents dans l'environnement [49]. Les gisements et les filons métallifères sont exploités, parfois de très longue date. Mais

l'activité minière peut être à l'origine d'une dispersion des métaux dans l'environnement. Le milieu aquatique, notamment, peut être contaminé via les eaux de ruissellement.

La combustion du charbon et du fioul lourd, souvent chargés en métaux, est aussi responsable d'une dispersion atmosphérique significative de ces derniers. L'utilisation du plomb comme antidétonant dans l'essence a constitué un mode de contamination majeur de l'environnement par cet élément.

Les rejets associés à la mise en décharge ou à l'incinération des produits arrivés en fin de vie sont également notables : par exemple pour le plomb et le cadmium dans les piles, batteries et accumulateurs ; pour le mercure dans les instruments de mesure (e. g. thermomètres, baromètres) [50].

Les activités agricoles sont également à l'origine d'une contamination de l'environnement.

Toutefois l'industrie est toujours responsable de la majorité des rejets directs dans l'eau. Par ailleurs, le traitement des minerais et l'industrie métallurgique restent à l'origine d'émissions atmosphériques importantes. Les métaux transportés par l'atmosphère peuvent tôt ou tard contaminer les milieux aquatiques [51]

Une fois en circulation, les métaux se distribuent dans tous les compartiments de la biosphère : terre, air, océan voir figures II.5 (a) et II.5 (b).

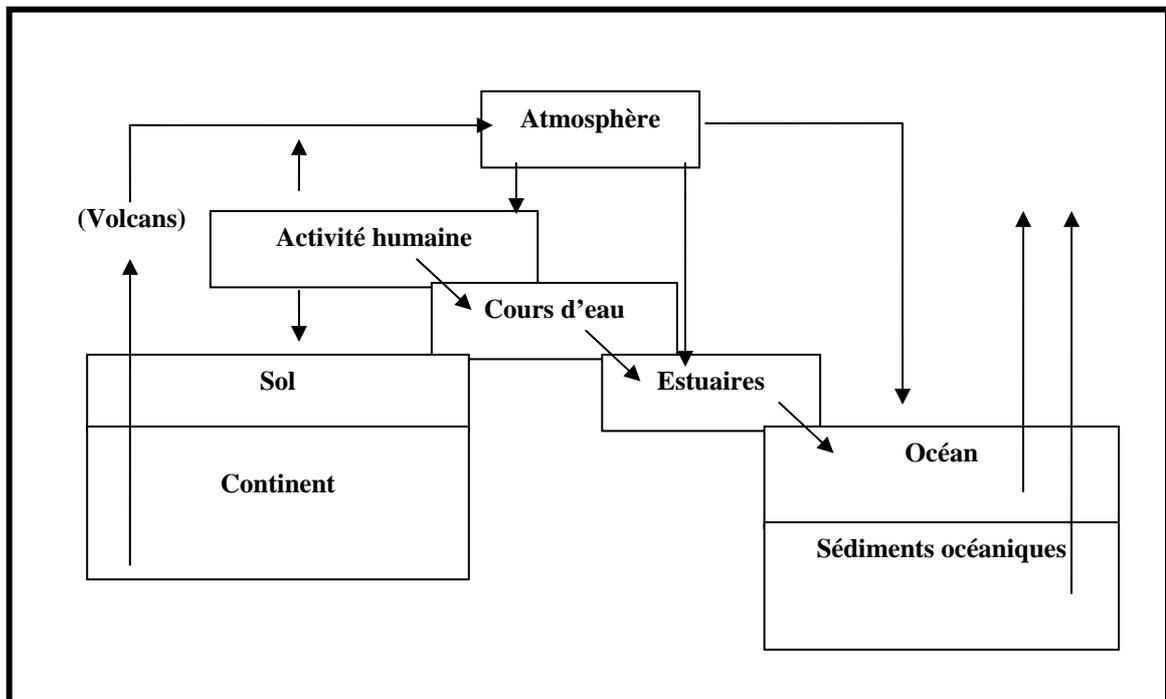


Figure II.5 (a) : Cycle géochimique simplifié des métaux lourds

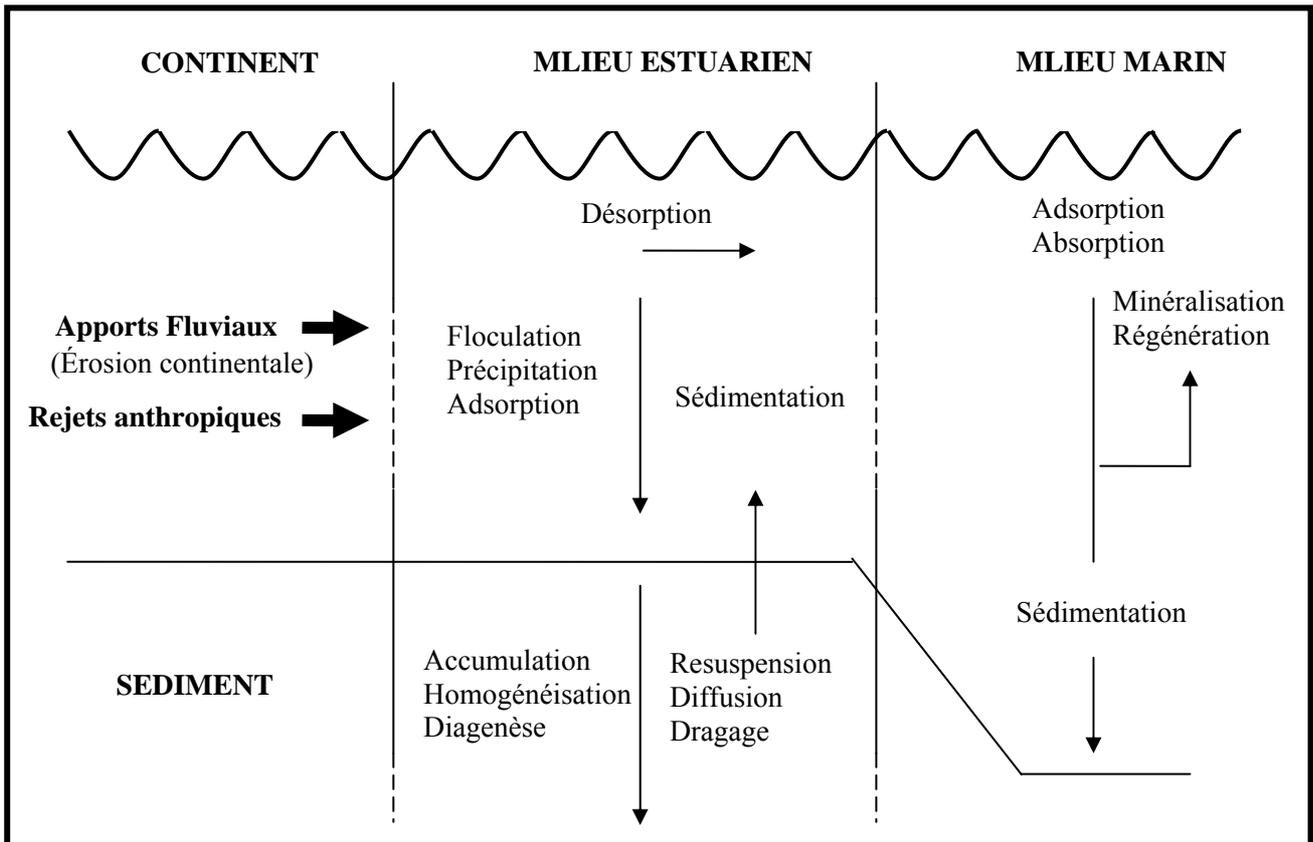


Figure II.5 (b) : Illustration schématique des processus physico-chimique et biochimique affectant le comportement et la distribution (dissous/particulaire) des éléments métalliques à l'interface continent/océan.

II.3.4 LE CARACTERE ESSENTIEL DE CERTAINS METAUX

Les organismes vivants ont évolué en présence des éléments métalliques. Certains métaux sont mêmes essentiels aux processus biologiques. Les éléments métalliques ont la propriété de se fixer sur des protéines et ainsi de modifier la structure moléculaire et le mode d'action de ces changements qui peuvent être essentielles à la bonne fonctionnalité de certaines protéines (enzymes, pigments respiratoires), ou au contraire induire un effet toxique en les inactivant. Les organismes sont capables, dans une certaine mesure, d'utiliser et de réguler les concentrations en métaux qui leur sont essentiels. Des effets toxiques apparaissent lorsque cette régulation ne peut plus avoir lieu [52].

Il est important de différencier les métaux qui sont essentiels à la vie de ceux qui ne le sont pas ou dont on ne connaît pas de propriété vitale pour au moins une catégorie d'organismes. En effet, le caractère essentiel d'un métal dépend aussi des organismes : un métal donné pouvant être essentiel à un organisme tout en ne l'étant pas pour d'autres.

Donc comme tout composé chimique, l'effet de l'apport d'un métal dépend de la dose. Mais lorsque le métal est essentiel, aussi bien sa carence que son excès sont dommageables [49].

Le Tableau II.4 propose une liste des métaux présentant un intérêt pour les organismes vivants. L'annexe II.3 reprend des éléments essentiels et non essentiels et exemples de propriétés des éléments connus pour leur essentialité.

Tableau II.4 : Éléments métalliques traces indispensables aux organismes biologiques (Animaux et végétaux) et toxicité

Éléments	symbole	Indispensable à faibles concentrations.		Toxiques à fortes concentrations	
		Végétaux	Animaux	Végétaux	Animaux
Arsenic	As		✓	✓	✓
Bore	B	✓		✓	
Cobalt	Co	✓	✓		✓
Chrome	Cr		✓	✓	✓
Cuivre	Cu	✓	✓	✓	✓
Etain	Sn		✓		✓
Fluor	F		✓		
Fer	Fe	✓	✓		
Iode	I		✓		✓
Manganèse	Mn	✓	✓	✓	
Molybdène	Mo	✓	✓		✓
Nickel	Ni	✓	✓	✓	✓
Sélénium	Se		✓		✓
Silicium	Si		✓		✓
Vanadium	V		✓	✓	✓
Zinc	Zn	✓	✓	✓	✓
Cadmium	Cd			✓	✓
Mercure	Hg			✓	✓
Plomb	Pb			✓	✓
Thallium	Ti			✓	✓

II.3.5 POURQUOI L'HOMME UTILISE-T-IL DES METAUX LOURDS ?

La problématique même des métaux et des métaux lourds en particulier repose sur le fait qu'ils sont très utiles, voire indispensables à l'homme. En effet, de par leurs propriétés, ils entrent dans la composition d'une grande variété de produits, et se retrouvent à de nombreux niveaux: métallurgie, chimie, pharmacie, énergie, etc. Il semble donc assez difficile de s'en passer et de les substituer [53].

II.3.5.1 L'ARGENT

L'argent est peu altérable donc précieux, largement utilisé en joaillerie, dans la photographie (halogénures), en chirurgie dentaire, en thérapeutique (argent colloïdal), en électricité, en miroiterie, mais aussi la fabrication de pièces de monnaie, et l'argenture en industrie de traitement de surface[53].

II.3.5.2 LE CADMIUM

Le cadmium est récupéré lors de l'élaboration du zinc, du plomb et du cuivre. Appliqué en couche mince, il protège l'acier contre la corrosion. Il constitue les plaques négatives des

accumulateurs au nickel-cadmium. Le cadmium entre dans la composition d'alliages dont il abaisse le point de fusion et d'alliages antifriction.

Absorbant fortement les neutrons lents, le cadmium est utilisé pour la commande des réacteurs nucléaires et le blindage d'appareils de mesure. Les sels de cadmium sont employés dans la photographie, la fabrication des feux d'artifice, les caoutchoucs, la porcelaine, etc.

Les oxydes de cadmium sont utilisés dans l'industrie chimique, pour la galvanoplastie, dans les accumulateurs électriques, comme stabilisants pour matières plastiques, et pigment pour émaux [54].

II.3.5.3 LE CHROME

Le chrome, est utilisé sous forme de chromite (FeOCrO_2) dans l'industrie métallurgique et dans l'industrie chimique. On le trouve également sous la forme de ferrochrome, utilisé pour la production d'aciers inoxydables et d'alliages divers. Le chrome est également employé comme pigment pour la peinture, le caoutchouc, le papier, l'encre d'imprimerie, ou encore pour le tannage des peaux. Réalisé industriellement depuis 1920, le chromage est utilisé pour donner un aspect décoratif et assurer une bonne résistance à la corrosion atmosphérique [53].

II.3.5.4 LE PLOMB

La fabrication des accumulateurs constitue la principale utilisation du plomb, les caractères d'imprimerie, les gaines de câbles électriques et les tuyaux pour les canalisations d'eau et de gaz constituaient des marchés importants qui ont considérablement diminué. D'autres comme les bandes et les tables de plomb laminé pour les couvertures et l'insonorisation dans le bâtiment, le plomb de chasse, les capsules de bouteilles et les métaux d'apport pour soudures se maintiennent ou éventuellement progressent. Les plaques de plomb sont utilisées dans la lutte contre la corrosion (industrie chimique) et dans la protection contre les rayonnements (installations utilisant les rayons X ou γ , énergie nucléaire). Le plomb entre dans la composition de nombreux alliages à bas point de fusion et d'alliages antifriction (avec de l'étain ou du cuivre). Les composés chimiques du plomb sont importants pour leurs applications industrielles: matière active des accumulateurs, cristallerie, verrerie technique (tubes de télévision), fabrication des pigments, de peintures anticorrosion, de stabilisants pour les plastiques, de glaçures pour les céramiques et les poteries, etc. Les additifs à base de plomb ont joué un rôle important dans l'industrie des carburants grâce à leurs propriétés antidétonantes [53].

Les utilisations des métaux sont multiples et très diversifiées, les sources de contamination le sont par conséquent aussi. Durant toutes les phases d'élaboration et/ou de recyclage de ces produits, des métaux sont malencontreusement rejetées, dans l'environnement, soit directement dans les eaux continentales ou marines, soit dans l'atmosphère [53].

II.3.6 CONTAMINATION DE L'EAU PAR LES METAUX

Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes: les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, l'utilisation de substances dangereuses pour l'eau, la navigation, etc.

Une certaine quantité de métaux est naturellement transportée par les cours d'eau selon différents processus tels que la mise en solution, la suspension ou le roulement. L'importance

de ce transport dépend de nombreux paramètres aussi bien physico-chimiques que climatiques ou géologiques.

Aucune statistique n'est disponible sur les données d'émissions liquides. Les valeurs disponibles ont été calculées par « the center of Environmental Science » de l'Université de Leiden aux Pays-Bas en 2001, à partir de données réelles provenant de quelques pays. Les valeurs des rejets en éléments métalliques sont reprises sur le tableau II.5 [54].

Tableau II.5 : Les émissions mondiales dans l'eau d'éléments métalliques.

Substances	Type	Total en kg / an	g/ an/hab.
Antimoine	Métal	70 225	0.012
Arsenic	Métal	518 353	0.086
Cadmium (II) ion	Métal	94 076	0.016
Chrome III	Métal	1 196 857	0.20
Chrome VI	Métal	299 217	0.05
Cuivre (II) ion	Métal	7 457 689	1.2
Plomb (III)	Métal	9 985 698	1.7
Mercure (II) ion	Métal	63 069	0.011
Nickel	Métal	2 435 449	0.41
Zinc (II) ion	Métal	49 617 202	8.3

Tableau II .6 : Présence des métaux dans l'eau [50].

<u>Cadmium</u>	Cd total	<ul style="list-style-type: none"> - Cd en suspension - Cd dissous <ul style="list-style-type: none"> * sous forme ionique libre * sous forme complexée
<u>Aluminium</u>	Al total	<ul style="list-style-type: none"> - soluble - colloïdal - insoluble
<u>Chrome</u>	Cr total	<ul style="list-style-type: none"> - Cr en suspension ($\text{Cr}(\text{OH})_3$) - Cr dissous <ul style="list-style-type: none"> * Cr VI * Cr III
<u>Plomb</u>	Pb total	<ul style="list-style-type: none"> - Pb en suspension (phosphate, carbonate, hydroxyde, sulfure) - Pb dissous (Pb^{2+})
<u>Cuivre</u>	Cu total	<ul style="list-style-type: none"> - Cu en suspension - Cu dissous <ul style="list-style-type: none"> * sous forme ionique Cu^{2+} essentiellement mais possibilité de Cu^+ * sous forme complexée
<u>Etain</u>	Sn total	<ul style="list-style-type: none"> - Sn en suspension (oxyde,...) - Organostanniques - Sn dissous Sn^{2+}, Sn^{4+}
<u>Nickel</u>	Ni total	<ul style="list-style-type: none"> - Ni en suspension ($\text{Ni}(\text{OH})_2$, cyanure de Ni, carbonate) - Ni dissous <ul style="list-style-type: none"> * Ni ionique Ni^{2+} * Ni complexé (cyanuré, EDTA,...)
<u>Fer</u>	Fe total	<ul style="list-style-type: none"> - Fe en suspension <ul style="list-style-type: none"> Hydroxyde $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (Oxydation $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{hydrolyse}$) plus ou moins combiné avec matières organiques complexé particules métalliques - Fer dissous <ul style="list-style-type: none"> Fe ionique- Fe^{2+} essentiellement <ul style="list-style-type: none"> - Fe^{3+} si pH < 4 et absence de complexes * Fe complexé <ul style="list-style-type: none"> - organique - minéral

II.3.7 TOXICITE DES ELEMENTS METALLIQUES

La Figure II.6 présente le tableau périodique dans lequel Leygonie (1993) précise les éléments lourds, situés dans le polygone entouré en gras, et les éléments considérés comme toxiques dans divers documents (directives européennes, conventions internationales) marqués en grisé [55].

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	I	II											III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Uuu	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
	Lanthanides			Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
	Actinides			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw	

Figure II .6 : Table périodique des éléments

Cette représentation met en évidence la présence de plusieurs éléments toxiques en dehors du polygone hachuré : certains d’entre eux ont des densités moyennes (métalloïdes : As, Se et Te) et même faible (Be). Ce tableau souligne également que plus de 65 % des éléments lourds ne sont pas considérés comme dangereux pour l’homme et l’environnement.

Dans le traitement des déchets liquides, les métaux lourds indésirables auxquels on s’intéresse principalement sont : le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le zinc (Zn) [55].

Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement : l’arsenic (As), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l’étain (Sn).

L’écotoxicologie est une science pluridisciplinaire, elle étudie les effets toxiques au sein des écosystèmes, les interactions entre les espèces (plantes, animaux, homme) et le milieu.

Sa fonction est d’intégrer les données chimiques, toxicologiques et écologiques figure II.7.

Ses objectifs sont de caractériser la toxicité potentielle des polluants vis-à-vis des espèces vivantes (notion de danger) et la réalisation d’effets néfastes sur l’environnement (notion de risque) [56].

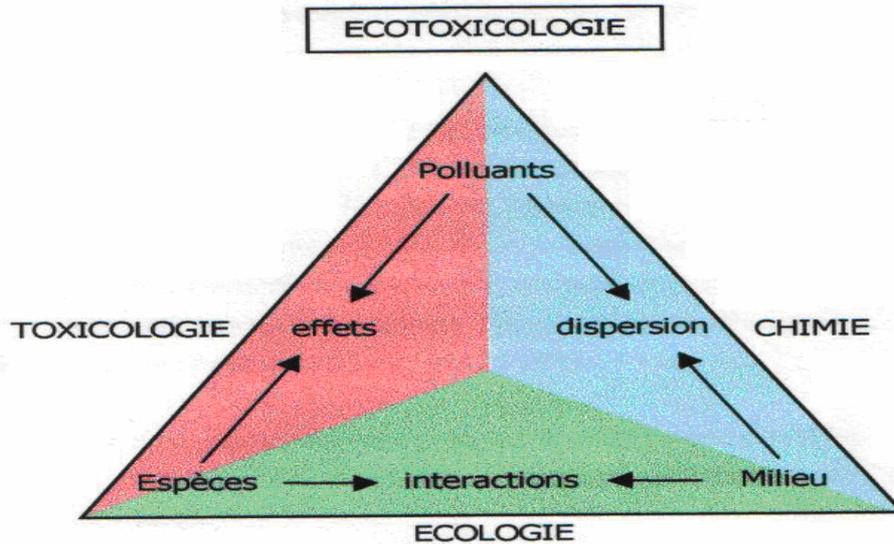


Figure II.7 : Les composants de l'écotoxicologie [56].

En milieu aquatique, la pénétration des toxiques s'effectue par les voies tégumentaires, respiratoires, et par ingestion. La toxicité d'un polluant se manifeste de façon variable.

Elle peut être :

- Aiguë, entraînant la mort rapide de l'individu ;
- Subaiguë, tous les individus présentent les symptômes de l'intoxication, mais une partie de la population survit
- Chronique, à long terme : l'effet cumulatif de très faibles concentrations entraîne des troubles insidieux [57].

II.3.7.1 TOXICITE DE L'ARGENT

L'argent est létal pour les plantes aquatiques et les invertébrés à partir de 1.2 µg/l, et des effets indésirables se produisent vers 0.2 microgramme par litre [58]. La dose critique pour un humain de 70 kg (quantité qui ne doit pas être dépassée dans la consommation journalière) est de 1.1 milligramme [59]

II.3.7.2 TOXICITE DU CADMIUM

Il ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins à des concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu. Au niveau subléthal, des concentrations de 0.05 à 1.2 µg /l peuvent provoquer des effets physiologiques pour les larves de crustacés (respiration, stimulation enzymatique) et des inhibitions de croissance pour les phytoplanctons [60].

Le cadmium présente des risques chez le consommateur humain. Même à de faibles doses il tend à s'accumuler. L'intoxication par ingestion de cadmium se produit après décapage de plats métalliques à l'aide de vinaigre ou de jus de fruits, entraînant une intoxication aiguë et chronique, et l'inhalation de vapeurs industrielles peut entraîner une irritation broncho-pulmonaire ou un œdème, c'est un poison cumulatif (cycle biologique 10-30 ans) [41].

II.3.7.3 TOXICITE DU CHROME

Le chrome hexavalent est toxique pour la faune aquatique d'eau douce à une concentration relativement élevée (inhibition de la croissance du phytoplancton d'eau douce vers 10 µg/l et peu toxique dans l'eau salée). Le chrome VI ne s'accumule pas dans les poissons, Le chrome III s'accumule un peu plus dans les tissus [59], [61]

II.3.7.4 TOXICITE DU CUIVRE

Toxique sur les végétaux, les animaux et les micro-organismes à des doses inférieures à 1mg/l. Diminue l'activité photo synthétique (utilisé comme algicide) ;

La toxicité vis-à-vis des organismes marins dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation. En particulier, la concentration létale en 48h pour 50% des larves d'huîtres plates (CL50 ; 48h) serait de 1 à 3 µg/l et des inhibitions de croissance du phytoplancton se produisent à partir de 4 microgrammes par litre [59], il provoque une altération des bronchites de poissons et retarde la ponte des poissons. Le cuivre rentre dans la composition des pigments respiratoires des mollusques et provoque le verdissement des huîtres [41].

Il engendre des phénomènes de corrosion et est susceptible de perturber l'épuration des eaux résiduaires par les boues activées, cela à des teneurs faibles (1 mg/l) et la digestion des boues avec des teneurs plus élevées (100 mg/l) [62].

II.3.7.5 TOXICITE DU FER

En milieu alcalin, il y a formation d'hydroxyde ferrique colloïdal qui peut se fixer sur les bronches des poissons; en milieu anaérobie, le sulfure ferreux donne une couleur noire. Problème de corrosion des conduites d'eau. La toxicité pour la vie aquatique est difficile à préciser, car elle est fonction de l'état chimique du métal (ferreux ou ferrique) et la présence de précipité d'hydroxyde de fer qui tend à se déposer sur les bronches des poissons et à entraîner leur colmatage [62].

II.3.7.6 TOXICITE DU MANGANESE

Le manganèse est considéré comme oligoélément essentiel. Toutefois à doses élevées le système nerveux central (SNC) s'est avéré l'organe critique où l'action toxique résulte vraisemblablement de l'accumulation cérébrale du manganèse. La neurotoxicité du manganèse est bien connue en médecine du travail; les poussières ou les fumées d'oxydes de manganèse provoquent une irritation intense avec alvéolite caustique. Les fumées d'oxyde de manganèse peuvent entraîner l'apparition de frissons, de fièvre, de sudation, de nausées et de toux [63].

II.3.7.7 TOXICITE DU NICKEL

Effets cancérigènes et tératogènes expérimentés chez l'animal. Toxicité pour des doses de 1mg/l chez les algues [64], Le nickel est classé comme « carcinogène humain » sous ses diverses formes, chez les végétaux une concentration de 2.5mg/l provoque des dégâts dans la structure lipidique des membranes, et des concentrations de l'ordre de 1 à 2 mg/l provoquent une perte de récoltes, sa toxicité pour les organismes marins est considérée comme faible. Des effets sur la reproduction des bivalves ont été observés à des concentrations très élevées, supérieures à 300 µg/l, sans aucune commune mesure avec les teneurs rencontrées dans l'environnement [65].

II.3.7.8 TOXICITE DU PLOMB

Bien que les seuils toxiques du plomb inorganique en milieu aquatique semblent nettement supérieurs aux concentrations habituellement rencontrées dans l'environnement, on peut cependant observer un retard de croissance chez le phytoplancton à partir de 0.5 microgramme par litre. De plus les niveaux de bioaccumulation dans les produits marins mollusques en particulier sont à prendre en considération pour la santé des consommateurs [59],

Il est responsable du saturnisme et d'une toxicité aiguë sur les organismes à partir de 0.1mg/l ; il se concentre de plus le long de la chaîne alimentaire [65].

II.3.7.9 TOXICITE DU ZINC

Les vapeurs de zinc dégagées dans diverses industries peuvent causer la «fièvre des fondeurs », son évolution se fait vers la guérison en un ou deux jours. Par contre l'inhalation de vapeurs de dérivés orthiques (en particulier les chlorures) peut entraîner un œdème aigu du poumon qui est mortel. Il n'existe pas d'intoxication chronique par le zinc [65] [58].

Toxicité aiguë sur la plupart des organismes aquatiques à partir de quelques milligrammes par litre. Il provoque une altération des branchies de poissons. Le zinc, se concentre dans les sols, perturbe la croissance des végétaux. [59].

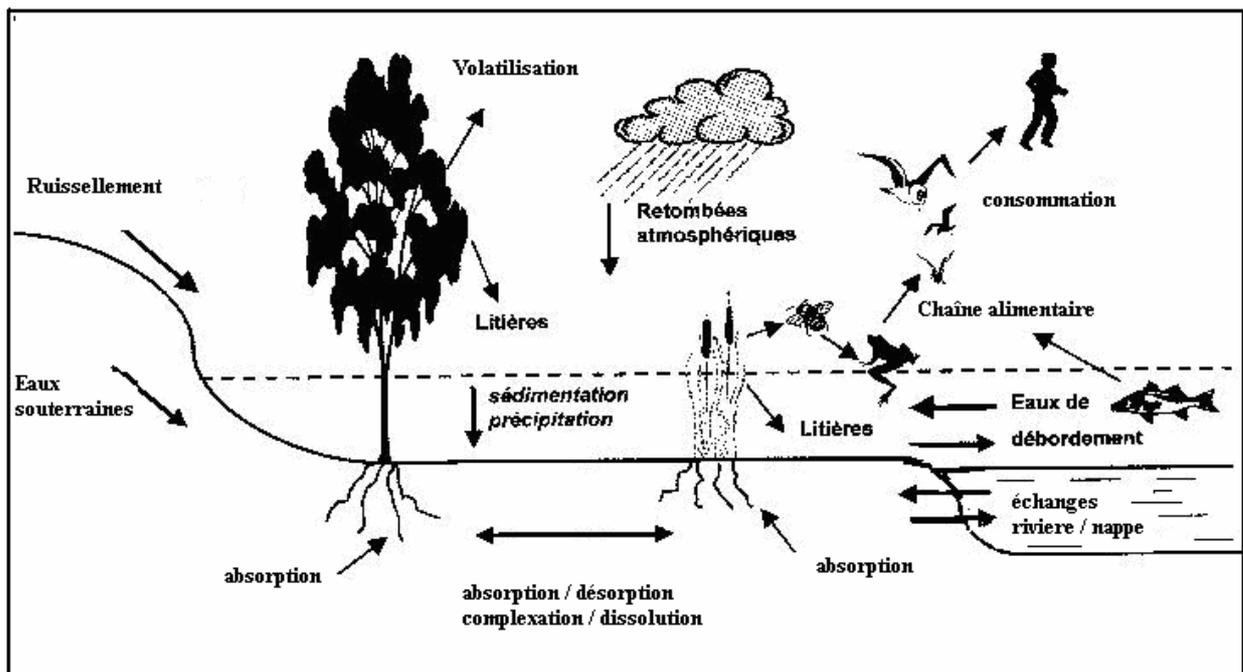


Figure II.8 : Apports, rétention, circulation des métaux et sortie possible vers l'atmosphère et les eaux de surface [53].

Les milieux aquatiques sont très sensibles aux éléments en traces (Annexe II.4) par la coexistence de deux phénomènes de bioaccumulation et de bio magnification : les éléments en traces se concentrent au fur et à mesure des absorptions dans la chaîne alimentaire (Eau ⇒ plancton ⇒ poisson herbivore ⇒ poisson carnivore ⇒ homme...) figure II.8.

Les voies de contamination pour l'Homme sont l'inhalation, l'ingestion et l'exposition cutanée. Ils se concentrent principalement dans les poumons, entraînant des maladies de l'appareil respiratoire, dans le système digestif provoquant des troubles de celui-ci, nausées,

vomissements, perte d'appétit et de poids et des cancers [66].

Beaucoup de métaux lourds ont des propriétés mutagènes et agissent par exemple sur l'appareil reproducteur pour le plomb, le placenta pour le cadmium, l'embryon pour le mercure et provoquent des malformations diverses : chromosomiques, du système musculaire, du squelette chez l'enfant.....etc.

Tableau II.7 : Principaux effets des métaux sur la santé humaine [66]

Elément	Effets sur la santé humaine
Arsenic – As	. Aux faibles doses contenues dans l'eau : risques de cancers de la peau, affection des muqueuses (rhinites, gingivites, ...), atteintes sanguines (anémie, ...) et digestives (gastro-entérites, atteintes hépatiques, ...) . Absorption quotidienne de 3 à 6 mg ou absorption d'une dose de 70 à 180 mg : poison mortel
Cadmium - Cd	. Exposition chronique : altérations de l'appareil digestif, des poumons et surtout des reins
Chrome – Cr	. Cr (VI) : risque cancérogène important pour les embryons et fœtus. . Cr (III) : effets toxiques non démontrés. . Intoxications chroniques : altérations du tube gastro-intestinal
Nickel – Ni	. Le Ni lui-même n'est pas toxique mais certains composés organiques le sont, comme le nickel tétracarboyle, et possèdent un fort potentiel allergène et mutagène.
Plomb – Pb	. Exposition chronique : effets toxiques sur le système nerveux central et périphérique. Risque de développer le saturnisme chez les enfants. Troubles de la reproduction, insuffisances rénales et encéphalopathies chez l'adulte, à fortes doses.
Zinc – Zn	. Troubles digestifs et nausées . L'ingestion de chlorure de zinc peut entraîner des lésions caustiques sérieuses du tube

II.4 POLLUTION PAR LES METAUX EN ALGERIE ET DANS LE MONDE

L'Algérie à l'instar des autres pays n'échappe pas à l'impact de la pollution métallifère.

Les zones les plus touchées, sont les ports maritimes et les zones côtières où on relève des concentrations très élevées

- Arsenic : Ghazaout, O. Mina, Habibas.
- Chrome : O. Mina, Habibas, Chleff, Tenés, Bou Haroun
- Cadmium : O. Mina, Habibas, Arzew, Nador, Mazafran El-Harrach
- Cuivre : Ghazaout, Oran, Arzew, Bénissaf
- Mercure : Alger
- Plomb : Ghazaout, Oran, Arzew, Bénissaf
- Zinc : Ghazaout, O. Mina, Arzew, Bénissaf

Les ports les plus affectés sont le port d'Alger. Oran, Annaba et Skikda [67]

Les industries ont leurs parts de responsabilité, parmi elles on cite ENIE, ENIEM, BCR, AMC, PMA, ISPAT, CYCMA, SONATITE.....etc. [68].

Dans le monde les rejets de métaux dans l'environnement ont causé de tristes drames parmi elles nous pouvons citer :

- ⇒ Apparition d'une intoxication collective au Japon en 1955. La maladie est appelée maladie ITAI-ITA due au cadmium [41].
- ⇒ L'accident de MINAMATA qui causa la mort en 1953 de 48 personnes et l'invalidité de 156 autres, chez certains pêcheurs atteints, on releva jusqu'à 528 ppm de mercure dans les cheveux [64].
- ⇒ « La maladie du pied noir » en 1960 à Taiwan causée par une contamination à l'arsenic.
- ⇒ L'apparition du saturnisme des enfants causée par une contamination au plomb [69].

II.5 NORMES ET LEGISLATION

Depuis la plus haute antiquité, l'eau, élément indispensable à toute vie sur notre planète a du être maîtrisée par les hommes pour satisfaire aux différents usages qu'il en a fait au cours des temps.

De ce fait le juriste est très rapidement intervenu vis-à-vis de cette importante ressource pour réglementer ses usages, éviter et régler les conflits, répartir les responsabilités liées au droit qui était donné à l'homme, usager et citoyen.

Elle est devenue un enjeu stratégique du fait de sa répartition inégale sur notre terre et des règles internationales ont été dictées pour préserver cette richesse et l'environnement aquatique de ce fait (Annexe II.5) [70].

II.5.1 LA LEGISLATION EN ALGERIE

Le prix de l'eau, à plus de 20 DA/m³, et les précipitations annuels très fluctuantes d'une année à une autre engendrant des pénuries en saison chaude [70], à cela s'ajoute l'aspect environnementale qui entoure ce bien.

La prise de conscience progressive de ces problèmes en Algérie s'est traduite par la mise en place d'un dispositif institutionnel repris dans l'Annexe II.6 [71]

II.5.1.1 NORME SUR LES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES

Les normes de rejet prévoient généralement des seuils à ne pas dépasser pour chaque métal, ainsi qu'une valeur maximale pour la somme des concentrations individuelles, afin de tenir compte d'éventuels effets de synergie.

Les rejets industriels en Algérie sont régis par le décret n° 93-160 du 10 Juillet 1993 (Journal Officiel n° 46), fixant les concentrations maximales contenues dans les rejets des effluents industriels à ne pas dépasser.

CHAPITRE III

L'ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

III.1 L'ANALYSE DANS L'ENVIRONNEMENT

III.1.1 INTRODUCTION

L'observation des changements qui affectent notre environnement, qu'ils soient d'ordre, physique ou chimique repose essentiellement sur l'obtention de données analytiques.

Déjà Galilée exprimait ce que les chercheurs en sciences environnementales expérimentent au quotidien : « il faut tout mesurer et rendre mesurable ce qui ne l'est pas encore ».

Le développement rapide de techniques analytiques durant la seconde partie du XX^{ème} siècle a permis de faire progresser cette science de la mesure (ou métrologie) dans tous les domaines, y compris les sciences environnementales [72].

III.1.2 SUIVI DES POLLUTIONS : PRINCIPES

III.1.2.1 OBJECTIFS DU SUIVI

Le suivi dans le contexte de l'évaluation et de la protection de l'environnement aquatique est défini par le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) comme étant l'action de mesurer de façon répétée une activité ou un contaminant ou ses effets directs ou indirects.

Une définition plus large que la précédente est :

• Le suivi est la mesure répétée :

- de la qualité du milieu et de chacun de ses compartiments : eau, sédiment et milieu vivant,
- des activités, des apports naturels ou dus à l'homme susceptibles d'influer sur la qualité du milieu marin,
- et des effets de ces activités et de ces apports [72].

Les finalités universelles d'un programme de suivi sont :

- La protection de la santé publique,
- La protection de la vie aquatique et de ses habitats,
- L'évaluation des niveaux et des tendances des paramètres généraux de qualité et des polluants [63].

III.1.2.2 FONCTIONS GENERALES D'UN SYSTEME DE SUIVI

Les fonctions générales d'un système de suivi sont:

- Suivi continu de routine,
- Diagnostic, alerte, recommandation,
- Suivi de l'évolution des phénomènes détectés,
- Aide à la décision auprès des acteurs « opérationnels » dans leur gestion de l'environnement [73].

III.1.3 COMMENT SURVEILLER LA QUALITE DE L'ENVIRONNEMENT

Face aux nombreuses substances issues des activités anthropiques qui se retrouvent régulièrement dans l'environnement, leur détection rapide, la détermination de leur toxicité ainsi qu'une prévention de leur impact potentiel sont nécessaires pour assurer la protection des écosystèmes.

Pour répondre à ces besoins, il est possible de s'appuyer sur deux types de méthodes:

- ⇒ La détection des polluants et éventuellement leur quantification dans les milieux physiques et biologiques.

⇒ L'évaluation des effets des pollutions sur les organismes vivants, soit au niveau des individus, des populations et/ou des communautés [74].

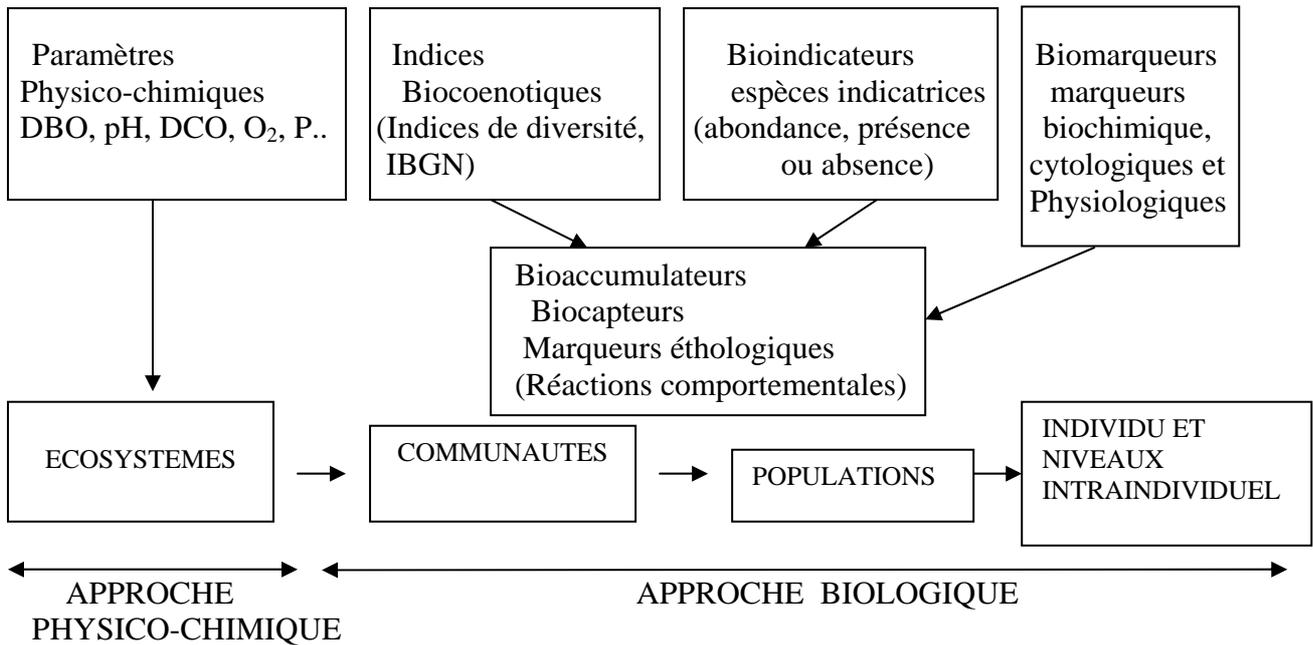


Figure III.1 : Représentation schématique des différents types de paramètres mesurables dans le milieu physique et à différents niveaux d'organisation biologique pour évaluer l'état de l'environnement [74]

III.2 NOTION D'INDICATEURS ENVIRONNEMENTALS

III.2.1 DEFINITION

Plusieurs définitions sont données pour la notion d'indicateur environnemental. Pour l'OCDE (1993), un indicateur est un paramètre ou valeur calculée à partir de paramètres (propriétés mesurées ou observées) donnant des indications, décrivant l'état d'un phénomène, de l'environnement ou d'une zone géographique et d'une portée supérieure aux informations directement liées à la valeur d'un paramètre [75]. Un indicateur est la traduction synthétique d'une action, d'une situation ou de son évolution, employé pour l'évaluation, le suivi, la prévision et l'aide à la décision.

Leurs principales fonctions sont :

- ⇒ Évaluer des situations et les évolutions dans le temps,
- ⇒ Comparer des lieux et des situations,
- ⇒ Évaluer des situations et les évolutions par rapport à des objectifs,
- ⇒ Fournir des informations d'alerte,
- ⇒ Anticiper des conditions et des évolutions futures [76].

Les propriétés requises pour un indicateur sont la pertinence, la justesse d'analyse et la mesurabilité (Tableau III.1) [77]

Tableau III.1 : Les propriétés nécessaires pour un indicateur.

Pertinence	<ul style="list-style-type: none"> -Donner une image représentative des conditions de l'environnement -Facile à interpréter et permettant de dégager des tendances -Refléter les modifications de l'environnement et des activités humaines correspondantes -Servir de références aux comparaisons -Se rapporter à une valeur limite ou une valeur de référence auquel la comparer pour évaluer sa signification
Justesse d'analyse	<ul style="list-style-type: none"> -Reposer sur des fondements théoriques en termes scientifiques et techniques -Reposer sur un consensus quant à sa validité -Pouvoir être rapporté à des systèmes de prévision et d'information
Mesurabilité	<ul style="list-style-type: none"> -Etre disponible à un rapport coût / bénéfices raisonnables -Etre accompagné d'une documentation adéquate -Etre mis à jour régulièrement selon une procédure fiable

III.2.1.1 CARACTERISTIQUES D'UN BON INDICATEUR

⇒Sensible aux changements dans le temps et dans l'espace :

Un indicateur doit aussi être prélevé fréquemment pour détecter des variations significatives sur la base de données historiques (variations temporelles).

En outre, l'indicateur devra être applicable à différentes régions et à différentes échelles (variations spatiales de portée nationale et internationale).

⇒Référence à des seuils :

Il s'agit de mettre en évidence les tendances apparaissant dans les systèmes naturels et humains. Si ces tendances ne sont pas estimées en fonction de valeurs de référence (repères, normes).

⇒Réversible et contrôlable :

Il faut utiliser des indicateurs qui mettent en évidence le niveau de dégradation réversible des écosystèmes. Ceci est le cas du rejet de substances toxiques non dégradables.

⇒Transformation en données appropriées :

L'indicateur doit être suffisamment explicite et pertinent pour refléter les conditions environnementales.

⇒Intégrateur :

Il faut mettre en évidence le caractère agrégé de l'indicateur. Ceci est le cas de nombreux indicateurs environnementaux qui intègrent un ensemble de facteurs comme les indices de qualité de l'air ou de l'eau.

⇒Collecte et utilisation relativement faciles :

De nombreux indicateurs sociaux et écologiques sont difficiles et coûteux à mesurer. Il en est de même de l'accessibilité à certains endroits. Il y a donc nécessité d'évaluer les indicateurs actuels utilisés dans les systèmes de contrôle et de suivi pour montrer le niveau de développement durable atteint par les sociétés humaines [78].

III.2.2 LE MODELE PRESSION / ETAT / IMPACT / REPONSE

Cette approche sert à identifier et à mettre au point des indicateurs qui lient les effets (état) aux causes (pressions) et les causes et les effets aux actions du secteur public et du secteur privé (réponses) annexe III.1, un quatrième élément peut être introduit dans le modèle, c'est l'impact [78].

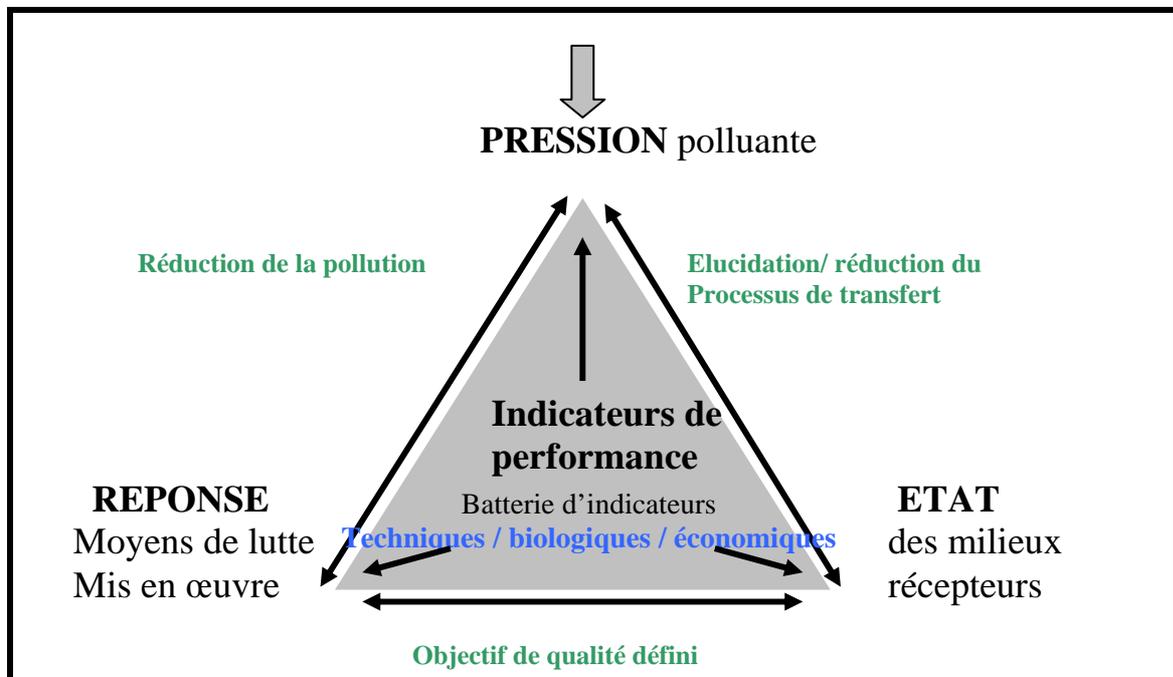


Figure III .2: Une représentation simplifiée de l'approche Pression - Etat - Réponse [78].

III.2.2.1 INDICATEURS DE PRESSION

Les pressions environnementales regroupent les pressions sociales et les fluctuations naturelles qui perturbent l'environnement par rapport aux conditions normales. Exemple : les pressions directes (exploitation intensive des sols, rejets d'eaux usées non traitées,...), le but est de mesurer un changement. Ainsi, les indicateurs de pression sont essentiels pour aider les décideurs et le public à comprendre les problèmes environnementaux et rechercher des solutions. Étant donné que les pressions sont la cause essentielle des problèmes environnementaux, c'est souvent à leur niveau que les interventions sont les plus efficaces [77], [78].

III.2.2.2 INDICATEURS D'ÉTAT

Les indicateurs de l'état de l'environnement comprennent essentiellement les mesures liées à la quantité ("somme" ou conditions des ressources naturelles restantes) et à la qualité (état du sol, concentration des vecteurs de maladies hydriques,...)

III.2.2.3 INDICATEURS DE REPONSE

Les indicateurs de réponses mesurent la réaction de la société vis-à-vis des problèmes environnementaux. La société peut ainsi réagir en atténuant les pressions de proximité, en améliorant l'état de l'environnement ou enfin en prenant des mesures préventives.

Les indicateurs de réponse incluent aussi les dépenses environnementales, les permis environnementaux et autres dispositions réglementaires, les incitations, les efforts de protection de la recherche et la formation, les changements au niveau des politiques et des institutions [79].

III.2.2.4 INDICATEURS D'IMPACT

Les impacts environnementaux sont les effets que les variations des conditions environnementales peuvent avoir sur la société. On distingue ainsi les impacts socio-économiques et les impacts écologiques.

A travers le modèle Pression-Etat-Réponse, les trois types d'objectifs assignés aux indicateurs apparaissent de manière hiérarchisée : comprendre les phénomènes, aider à la décision, informer [80].

Le cadre théorique sur lequel repose la définition de la notion d'indicateur relève en pratique du vœu pieux ; il est en effet très rare de pouvoir allier toutes les qualités de pertinences, de justesse d'analyse et de mesurabilité. Les indicateurs sont dès lors toujours attaquables et très dépendants de l'état des connaissances. Le flou qui entoure les indicateurs tient à la multiplicité des objectifs qu'ils peuvent servir. Lorsque les objectifs sont hiérarchisés, et que leurs limites sont admises, les indicateurs peuvent être très utiles dans l'analyse de la pollution des eaux par les métaux.

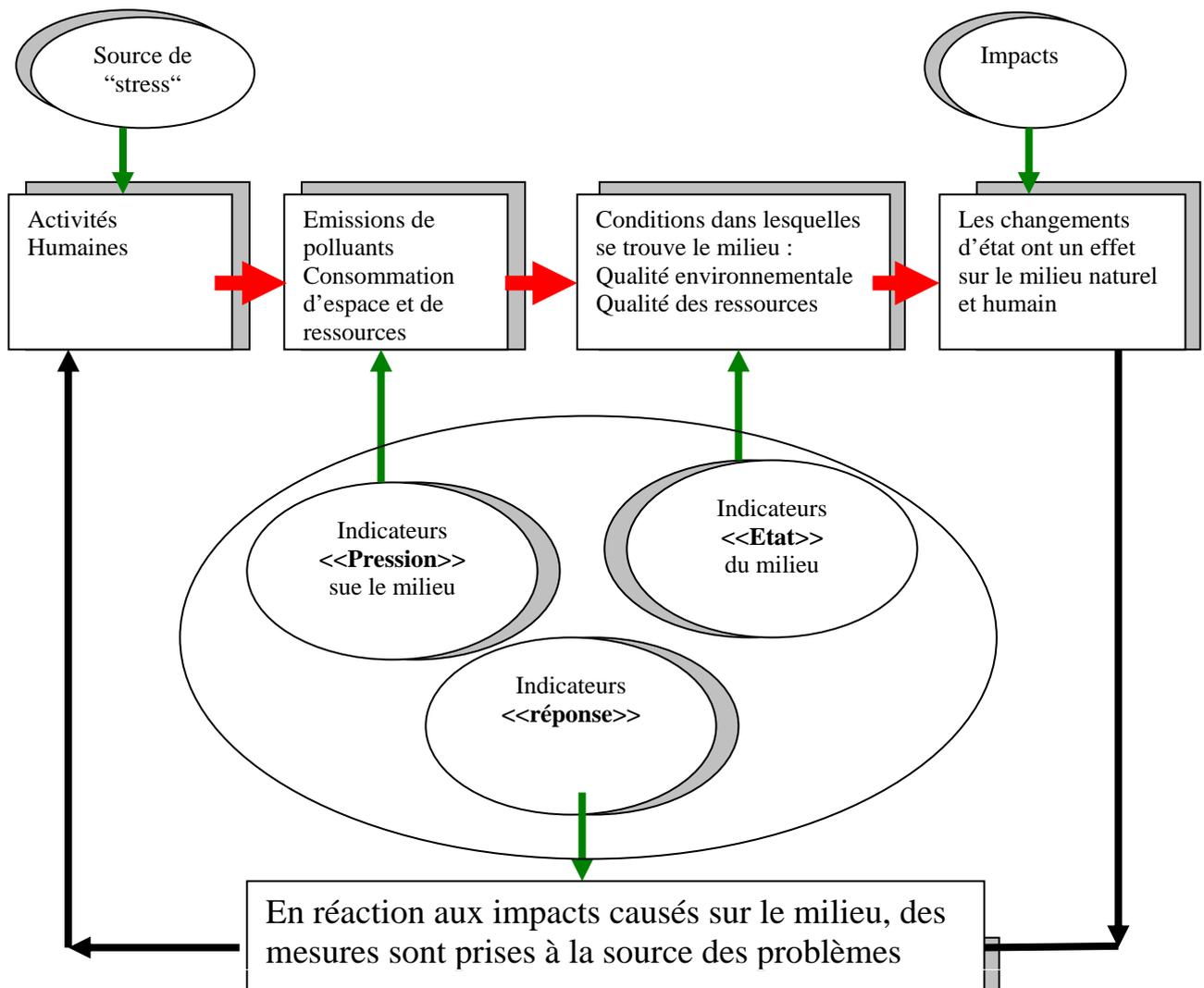


Figure III .3 : Schéma du modèle Pression, Etat, Réponse [78].

III.3 SYSTEME D'EVALUATION DE LA QUALITE

III.3.1 DE LA QUALITE DE L'EAU A CELLE DES MILIEUX AQUATIQUES

Depuis 1971, l'évaluation de la qualité des eaux s'appuyait sur une grille établie par la CEE, prenant en compte des paramètres de qualité physico-chimique et un paramètre de qualité biologique. Sur cette base, les familles de qualité étaient réparties en 5 classes : 1A, 1B, 2, 3, et Hors Classe [64].

L'évolution des connaissances et de la réglementation a présidé à l'élaboration, au niveau international, de nouveaux types d'outils d'évaluation de la qualité, dénommés systèmes d'évaluation de la qualité (SEQ) et cela depuis 1999. Ils ont été mis au point conjointement par le ministère de l'environnement Français et les agences de l'eau, au terme de plusieurs années de réflexion et de concertation [81], d'autres pays l'ont choisi comme l'outil de référence pour la caractérisation de la qualité des eaux de surface.

L'évaluation de la qualité des cours d'eau porte sur trois grands volets, chacun d'eux concernant l'une des grandes composantes de la qualité des hydrosystèmes :

- Le volet « eau », représenté par le SEQ-EAU, pour évaluer la qualité physico-chimique de l'eau et son aptitude aux fonctions naturelles des milieux aquatiques et aux usages,
- Le volet « biologique », traduit par le SEQ-BIO, pour évaluer l'état des communautés biologiques inféodées aux milieux aquatiques,
- Le volet « physique », défini par SEQ-Physique, pour évaluer les caractéristiques physiques (hydromorphologie et hydrologie) et le degré d'artificialisation du lit mineur, des berges et du lit majeur [82].

Tableau III.2 : Les Systèmes d'Evaluation de la Qualité (SEQ).

Systèmes d'Evaluation de la Qualité (SEQ) cours d'eau		
SEQ EAU	SEQ MILIEU PHYSIQUE	SEQ BIOLOGIQUE
Evalue la qualité physico-chimique de l'eau et son aptitude aux usages et aux fonctions naturelles des milieux aquatiques	Apprécier la qualité hydrologique et morphologique avec le degré d'artificialisation du lit des cours d'eau et des berges.	Evalue la qualité biologique avec l'état des biocénoses dépendantes de la qualité de l'eau et du milieu physique

III.3.2 LE PRINCIPE DU SEQ-EAU

La notion d'altération est propre au SEQ-eau. Les altérations sont dans ce système des groupes de paramètres de même nature ou de même effet permettant de décrire les types de dégradation de la qualité de l'eau. On définit ainsi 15 altérations, (annexe III.2) [83].

Ces altérations sont susceptibles de perturber :

- les fonctions du cours d'eau, notamment la potentialité biologique de l'eau, c'est à dire son aptitude à permettre la vie si l'habitat est satisfaisant,
- les usages potentiels de l'eau : la production d'eau potable, les loisirs et sports aquatiques et d'autres usages tels que l'irrigation, l'abreuvement des animaux et l'aquaculture [84].

Chacun des types d'altération fait référence à une liste de paramètres dont la mesure permet de calculer un indice de qualité d'altération :

• Les altérations de la qualité sont traduites en indices de qualité exprimées sur une échelle de 0 à 100. Cette dernière est subdivisée de manière égale en 5 classes aux fins de représentation cartographique de la qualité selon une charte graphique conventionnelle à 5 couleurs : Bleu, Vert, Jaune Orange et Rouge (de la très bonne à la très mauvaise qualité), figure III.4 et (annexe III.3) [85].

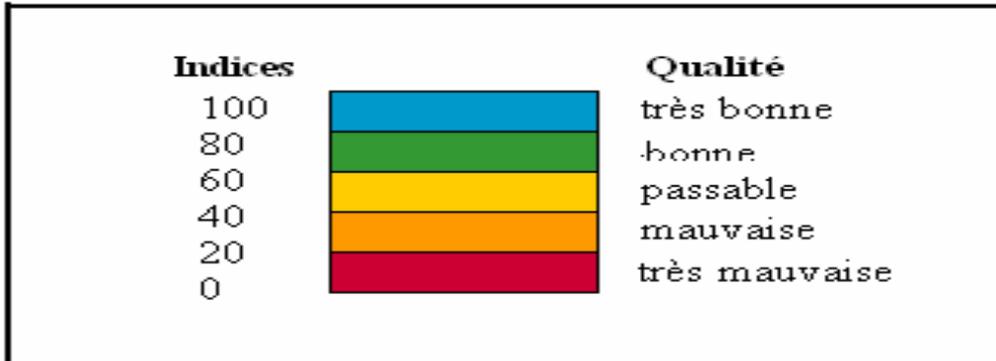


Figure III.4 : Les classes et indices de qualité

Le principe du seq-eau est schématisé sur la figure III.5

L'indice de qualité permet de juger de l'évolution de la qualité de l'eau à l'intérieur d'une même classe, sans même qu'il y ait changement de classe.

Les degrés d'altération par classes (traduit en couleurs) et des indices d'altérations continues permettent d'avoir une meilleure précision de l'importance de l'altération au sein même d'une classe et d'en apprécier ensuite l'évolution [82].

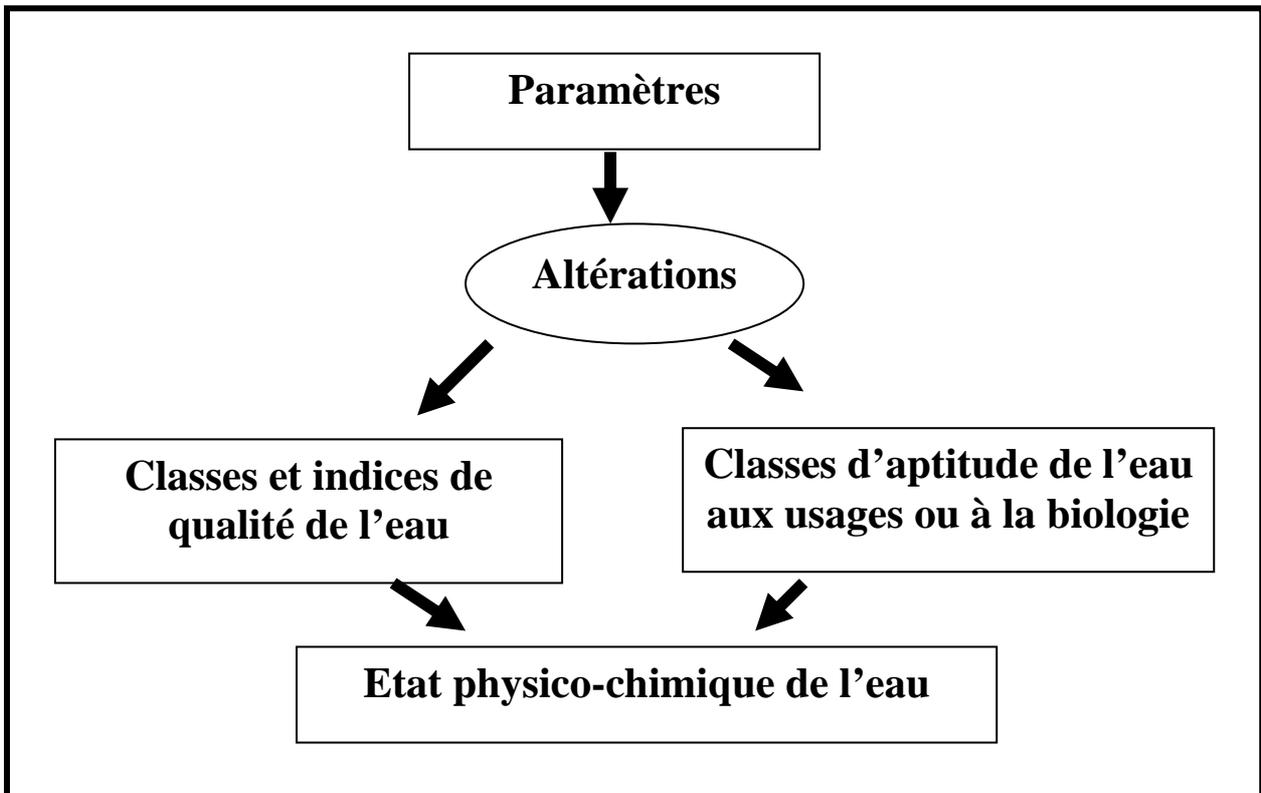


Figure III.5 : L'architecture du système SEQ-EAU.

III.3.3 LES OBJECTIFS DU SEQ-EAU

Le S.E.Q. Eau offre ainsi la possibilité :

1- D'évaluer la qualité de l'eau :

- par grands types de pollution (les " altérations "),
- sur une échelle indicielle fine qui va de 0, le pire, à 100, le meilleur,
- sur une échelle à 5 couleurs. Cette échelle résulte du découpage en 5 parties égales de l'échelle indicielle 0-100, figure III.6.

Classes et indices de qualité par altération permettent de suivre l'efficacité des actions entreprises sur les sources de pollution de l'eau (annexe III.4).

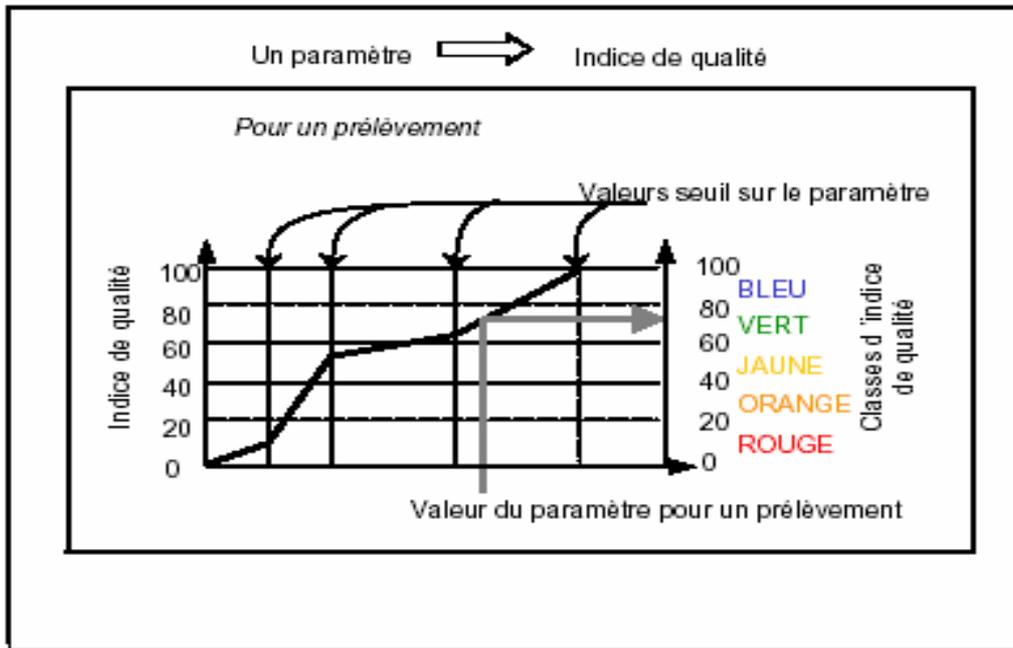


Figure III.6 : Les étapes de qualification d'eau suivant le SEQ-Eau.

- 2- D'évaluer l'incidence de cette qualité sur les potentialités biologiques et l'aptitude aux usages potentiels de l'eau. Une échelle d'aptitude, généralement à 5 classes, est utilisée.
- 3- De comparer cette potentialité et ces aptitudes avec ce qui est effectivement souhaité, d'identifier la (ou les) altération(s) qui posent prioritairement problème et de définir alors des objectifs de restauration de la qualité des eaux pour chaque altération concernée.
- 4- De suivre, au moyen des classes et indices de qualité, l'efficacité des politiques de restauration de la qualité de l'eau des cours d'eau.
- 5- De "normaliser" la méthode de diagnostic de qualité des eaux sur l'ensemble des milieux aquatiques
- 6- De faciliter l'identification des causes de dégradation.
- 7- D'évaluer l'aptitude des milieux à satisfaire les usages de l'eau et les fonctions naturelles des milieux aquatiques voir figure III.7
- 8- D'améliorer le contrôle de l'efficacité des actions de correction
- 9- De procéder à une valorisation des données plus rigoureuse et plus conforme aux besoins [86], [85].

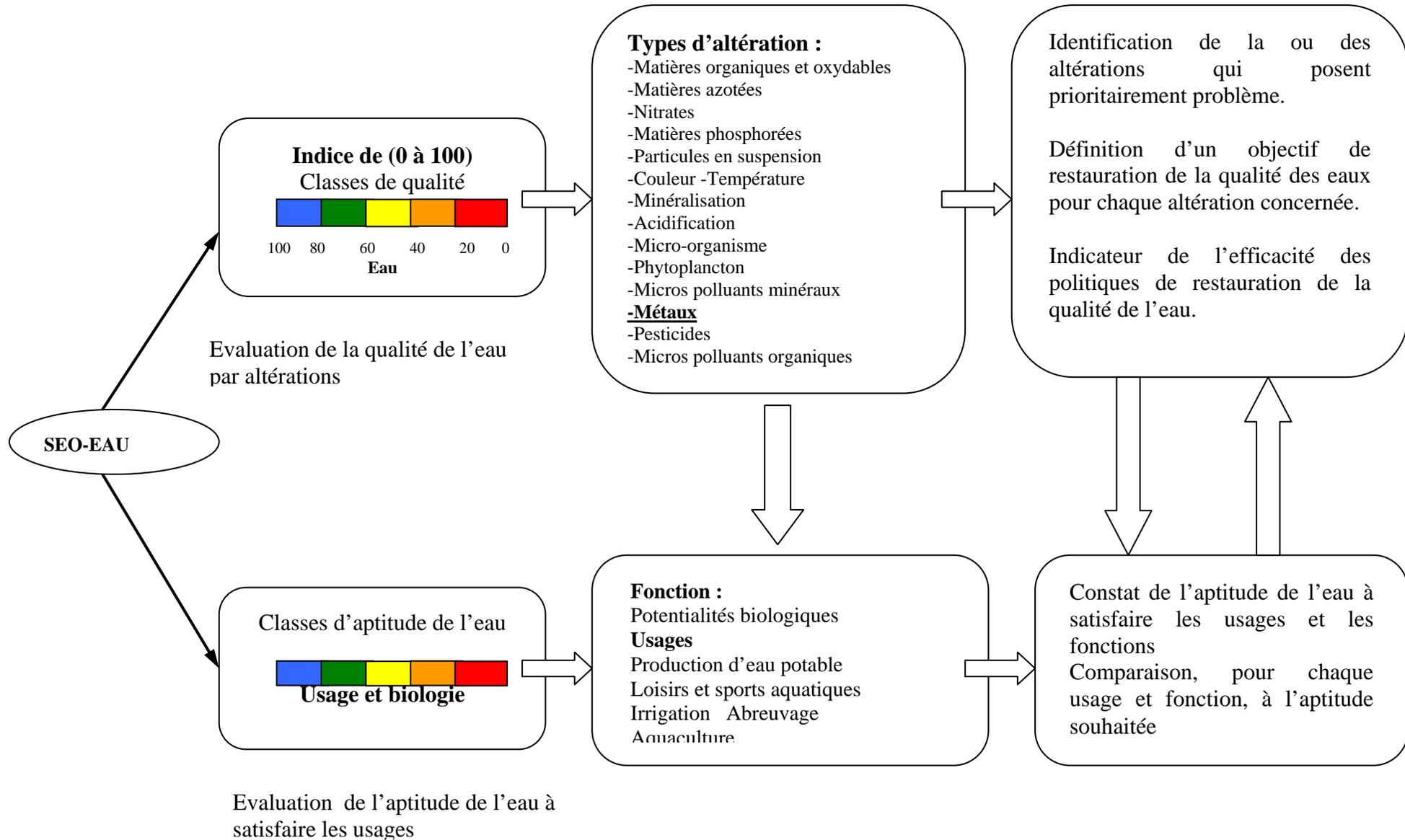


Figure III.7 : Schéma et contenu du SEQ- eau [82].

L'intérêt de cet outil est de pouvoir s'adresser à de multiples publics , chaque usager peut y trouver l'élément de base nécessaire à son information ou pouvant l'aider à prendre une décision tableau III.3 [87].

Tableau III.3 : Exemples de publics pour les différentes sorties du SEQ-Eau . (Publics relais : associations, journalistes, chercheurs).

Débouchés du SEQ Eau	Publics concernés
Evaluation du niveau des altérations	Public relais, techniciens
Suivi de l'évolution des altérations par les indices	Décideurs, techniciens
Indicateurs sur l'aptitude de l'eau à remplir les fonctions	Décideurs, Publics relais, techniciens
Evolution d'une " qualité de synthèse" de l'eau.	Publics relais, Décideurs

Nous utiliserons le seq-eau pour évaluer la qualité des eaux résiduaires provenant d'une unité génératrice d'effluent rejeté dans l'environnement, et rejoignant directement la mer.

III.4 EXEMPLE PRATIQUE : CONTEXTE EXPERIMENTAL

III.4.1 DESCRIPTION DU CHOIX DU SITE D'ETUDE

Le choix de l'entreprise s'est imposé, après un classement des unités industrielles de la région par secteur d'activité (annexe I.3). Les entreprises produisant des rejets contenant des éléments métalliques sont ordonnées suivant les quantités rejetées dans l'environnement.

L'entreprise BCR Bordj-Menaël est la plus importante du secteur en volume de production (annexe I.5) mais aussi en quantité de rejets. A cela s'ajoute le fait que ces effluents passent via le réseau d'assainissement dans l'un des affluents de Oued Isser, ce dernier étant un oued exoreïque, se verse et aboutit en mer, figure III.8.

Le choix de l'entreprise BCR est également conforté par le rapport réalisé par la direction générale de l'environnement, qui la classe parmi les entreprises nationales pouvant engendrer des rejets chargés en éléments toxiques [88].

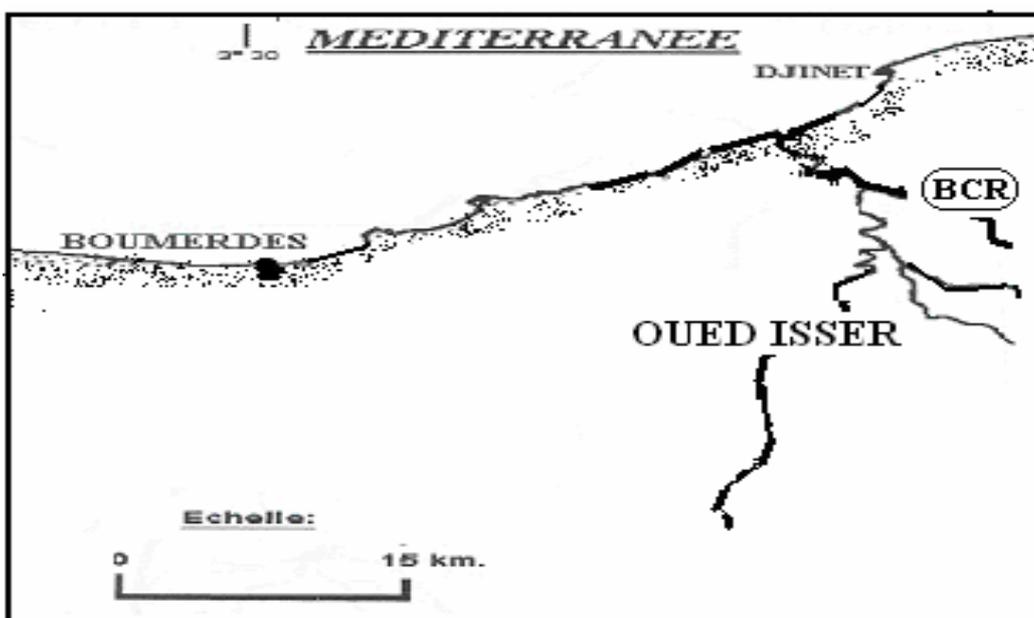


Figure III.8 : Localisation de l'entreprise BCR

III.4.2 PRESENTATION DU SITE D'ETUDE : L'ENTREPRISE BCR

L'entreprise ORFEE du groupe BCR est située géographiquement à 3.5 km au Sud Ouest de la daïra de Bordj –Menaïel et de 40 km du chef lieu de la wilaya de Boumerdès.

Le complexe coutellerie est implanté dans la zone industrielle de Bordj Menaïel et s'étend sur une superficie de 89 306 m² dont 14 500 m² couverte constituée principalement du bloc usinage. Il emploie 310 travailleurs toutes catégories confondues.

L'activité principale du complexe ORFEE est la production et la commercialisation de produits ménagers et d'éviers de cuisine en acier inoxydable (INOX) de différentes qualités :

- Couverts et couteaux
 - Platerie et poterie
 - Eviers de cuisine
-
- La qualité ménage (bas prix) M : INOX – X8 Cr17%
 - La qualité orfèvre (bonne qualité) H: } INOX- X 5 Cr Ni Mn 18/ 10
 - La qualité argentée (luxe) A : }
 - Les éviers : INOX X 20 Cr 13

En 2005 sa production de Janvier à Juillet a été de 18 392 411 articles tous types confondus (annexe III.5).

Les produits BCR sont fabriqués sous le système assurance qualité, certifié conforme à la norme internationale ISO 9001. L'entreprise oeuvre pour décrocher la certification ISO14000. Les technologies utilisées sont le découpage, l'emboutissage, le pressage, le laminage, l'émerissage, l'argentage, le polissage, le pliage, soudage, l'ébavurage, poinçonnage, et l'injection plastique.

L'entreprise consomme pour ses besoins journaliers 166 m³ d'eau qu'elle puise dans deux forages se trouvant en contrebas de l'usine.

Ces rejets et déchets en fin de procédés sont :

- Eaux usées industriels : 900 tonnes /an rejetées, elles rejoignent le réseau d'assainissement de la ville pour rejoindre Oued Menaïel.
- Eaux usées : 200 tonnes /an rejetées après traitement en station biologique.
- Huiles pleines : 6 tonnes /an stockées et recyclées par NAFTAL.
- Boues solides : 1 tonne /an stockées sur les lieux

L'entreprise BCR est classée en ICPE par son activité (travail mécanique des métaux et traitement de surface) et catégorisée en : AW n° 214 et 220, régis par le décret n° 98-339 du 3 Novembre 1998, Journal Officiel n° 82.

III.4.3 MODALITÉS D'APPLICATION DU SEQ-EAU SUR LES EFFLUENTS DE L'ENTREPRISE BCR

Le contexte expérimental de notre étude est :

- La concentration des eaux en éléments métalliques émises constitue **un indicateur de pression**.
- La qualité de l'eau à l'exutoire du bassin versant du Bas-Isser représentant l'état de l'environnement relatif au phénomène de pollution métallifère du milieu marin est **un indicateur d'état**.
- Les décisions prises par l'entreprise pour modifier la situation en appliquant la réglementation correspondent à des **indicateurs de réponse**, (figure III.9).

Pour cela on appliquera le SEQ-eau sur les résultats des analyses expérimentales réalisés sur ces rejets.

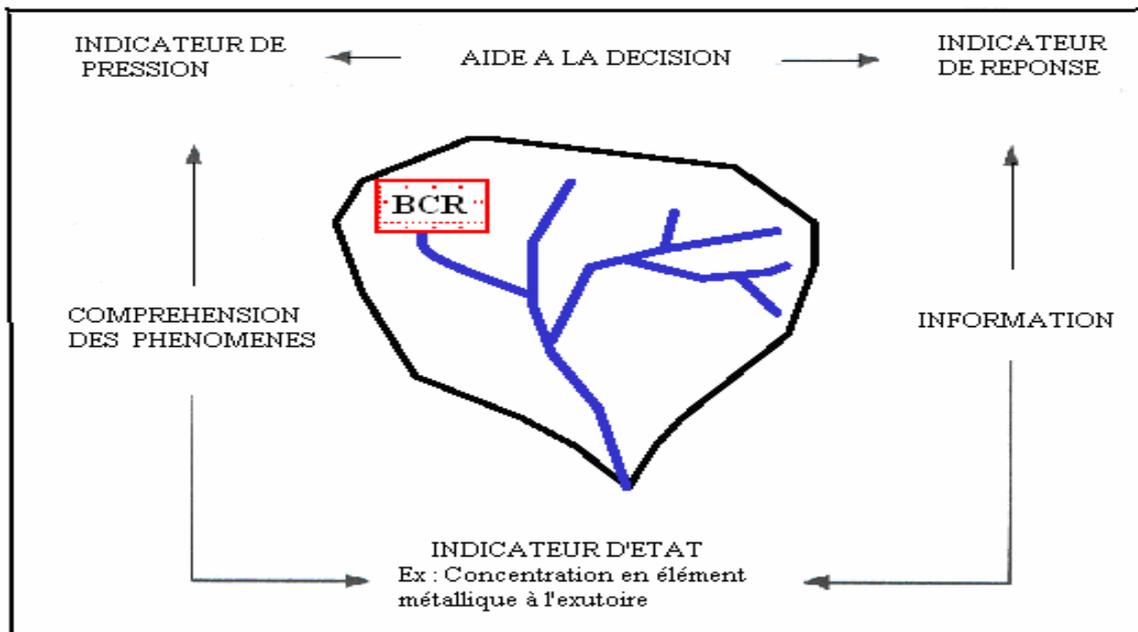


Figure III.9 : Utilisation des indicateurs environnementaux comme outil d'aide à la décision.

CHAPITRE IV

MATERIELS ET METHODES

IV.1 HISTORIQUE DES METHODES D'APPRECIATION DE LA QUALITE DES EAUX

C'est dans la seconde partie du XIX^{ème} siècle qu'apparaissent les premières mesures de la qualité des eaux de rivières. Un rapport datant de 1875, décrivant l'infection de la Seine aux abords de Paris, parlait de pureté satisfaisante ou pas, et les descripteurs utilisés sont tout d'abord visuels (poissons morts, coloration de l'eau, apparition de bulles de fermentation) ou olfactifs.

La panoplie des paramètres utilisés pour décrire la qualité des eaux s'est progressivement enrichie durant la première partie du XIX^{ème} siècle (DBO₅, DCO, Azote et Phosphore notamment) et depuis la seconde moitié de ce siècle, les paramètres se sont multipliés très rapidement avec l'arrivée des mesures de métaux et de micropolluants organiques, figure IV.1 [87]

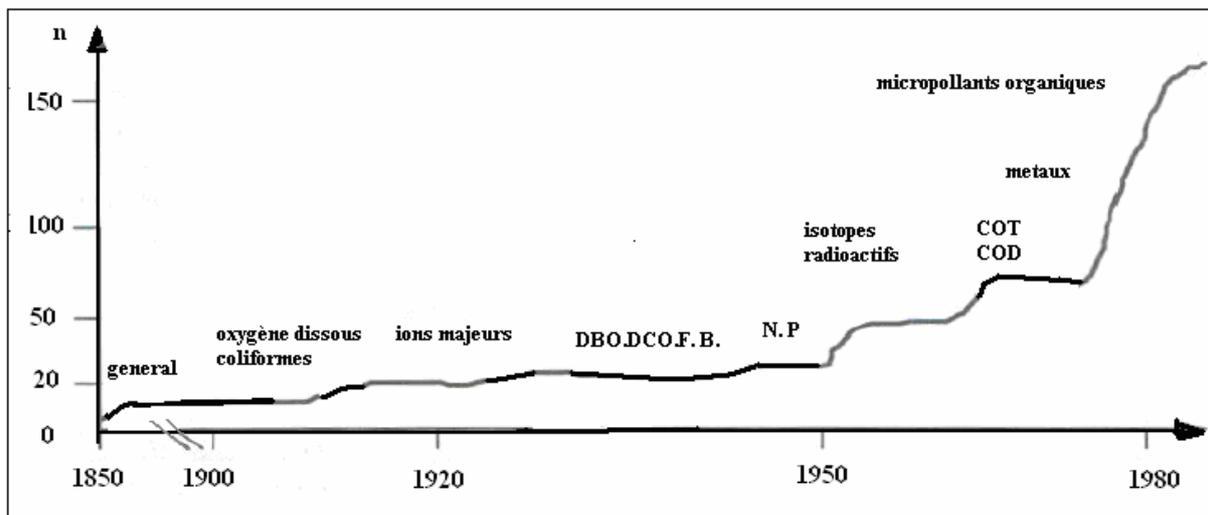


Figure IV. 1 : Schéma de l'évolution des descripteurs chimiques de la qualité des eaux pris en compte dans les réseaux de surveillance [87]

Cette augmentation du nombre des paramètres est liée à l'évolution des contraintes pesant sur les rivières avec un décalage temporel entre l'émergence de ces nouvelles altérations et la mise en œuvre de techniques d'analyses adéquates pour leur quantification.

IV.2 MATERIELS ET METHODES

IV.2.1 PRESENTATION DES SITES DE PRELEVEMENT

Le choix des lieux de prélèvement a été réalisé en prenant en compte le processus (voir annexes IV.1) et les lieux de rejet à l'intérieur et à l'extérieur du site de l'entreprise et cela, car l'entreprise procède au rejet de son effluent par l'intermédiaire du réseau public d'assainissement non pourvue de station d'épuration donc trois prélèvements sont nécessaires : un prélèvement de l'effluent industriel, et deux en amont et en aval de l'entreprise [62].

Les points internes de prélèvements sont choisis en fonction de l'organisation technique de l'usine BCR, avec les différents sites où sont rejetés des effluents, voir gamme de fabrication l'annexe IV.2. Ces lieux de prélèvements sont :

- Vibro-chimica ; Polissage ; Argenture ; Sortie ; et Amont.

Représentés en détails dans l'annexe IV.3.

IV.2.2 CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE

Les campagnes de prélèvements ont été réalisées afin de collecter les polluants métalliques présents dans les effluents. Pour répondre aux problèmes posés, il nous faut dans un premier temps évaluer les niveaux de concentrations en métaux lourds présents dans les rejets de l'entreprise BCR et cela afin :

- D'avoir un état des lieux de la contamination des rejets;
- De repérer la présence prédominante d'un élément par rapport aux autres ;
- De connaître la variabilité des concentrations élémentaires dans un but de détection des sites sensibles ;
- D'obtenir une connaissance du milieu plus approfondie ;
- Et d'établir une base de données des concentrations élémentaires en métaux lourds afin d'obtenir une représentativité maximale.

Dans cette optique il requiert de parvenir à la construction d'échantillon moyen, proportionnel le plus possible au débit, représentatif de l'activité journalière de l'entreprise [89].

IV.2.2.1 LA CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS

La dimension temporelle a également été prise en compte dans ce suivi. En effet, afin de couvrir au mieux les rejets aboutissant à l'oued Isser, la campagne d'échantillonnage s'est déroulée du début Mars à la mi-Juin avec deux prélèvements par semaine en moyenne pour les différents sites.

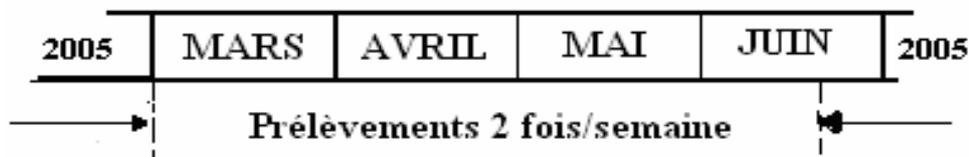


Figure IV.2 : La durée et fréquence de la campagne de prélèvement.

IV.3 METHODOLOGIE DE PRELEVEMENT, DE FILTRATION ET DE CONSERVATION DES ECHANTILLONS

Tous les prélèvements sont réalisés manuellement. Avant utilisation, tout le matériel (verrerie, flaconnage) susceptible d'entrer en contact avec l'échantillon est soigneusement décontaminé et nettoyé selon les protocoles (Norme AFNOR : T 90-100) décrits ci-dessous

IV.3.1 FLACONNAGE DE PRELEVEMENTS

Les prélèvements s'effectuent dans des flacons en verre teint d'un litre préalablement nettoyés à l'acide nitrique 10%, rincés abondamment à l'eau distillée et étuvés à 100°C pendant une heure.

IV.3.2 PRELEVEMENTS SUR LE TERRAIN

Dans le cadre d'un prélèvement manuel, chaque flaconnage nettoyé comme précisé ci-dessus est préalablement rincé avec l'échantillon à prélever de façon à conserver une certaine représentativité de l'échantillon. Les prélèvements se font, dans la mesure du possible, dans une zone où l'eau n'est pas stagnante et dans le sens du courant. La zone en amont doit être dégagée de matériaux contaminants ponctuels. Le prélèvement est effectué en immersion

complète et rempli entièrement sans agitation. On limite la présence d'air afin de limiter au maximum les contaminations d'une part et l'évolution des échantillons d'autre part.

IV.3.3 CONDITIONNEMENT ET TRANSPORT

Le transport des échantillons s'effectue à l'état frais dans une glacière réfrigérée (4 ± 2 °C). Le temps de transport ne dépasse pas une demi-journée entre la fin du prélèvement et le retour au laboratoire [90].

IV.3.4 FILTRATION ET CONDITIONNEMENT DEFINITIF DES ECHANTILLONS

Le conditionnement définitif doit être effectué assez rapidement, après le prélèvement, pour prévenir tout risque de contamination. L'étiquetage doit être rigoureux pour éviter tout risque de confusion sur l'identité des échantillons (lieu et date de prélèvement). Avant filtration, chacun des échantillons est homogénéisé de façon à remettre toutes les particules en suspension.

Pour les différents prélèvements, une filtration sur filtre en cellulose et une acidification avec du HNO_3 (acide nitrique) sont effectuées. Seuls les rejets provenant du polissage, ont subi une centrifugation dans le but de séparer les phases (eau très trouble).

Ces étapes de travail sont synthétisées dans la figure IV.3

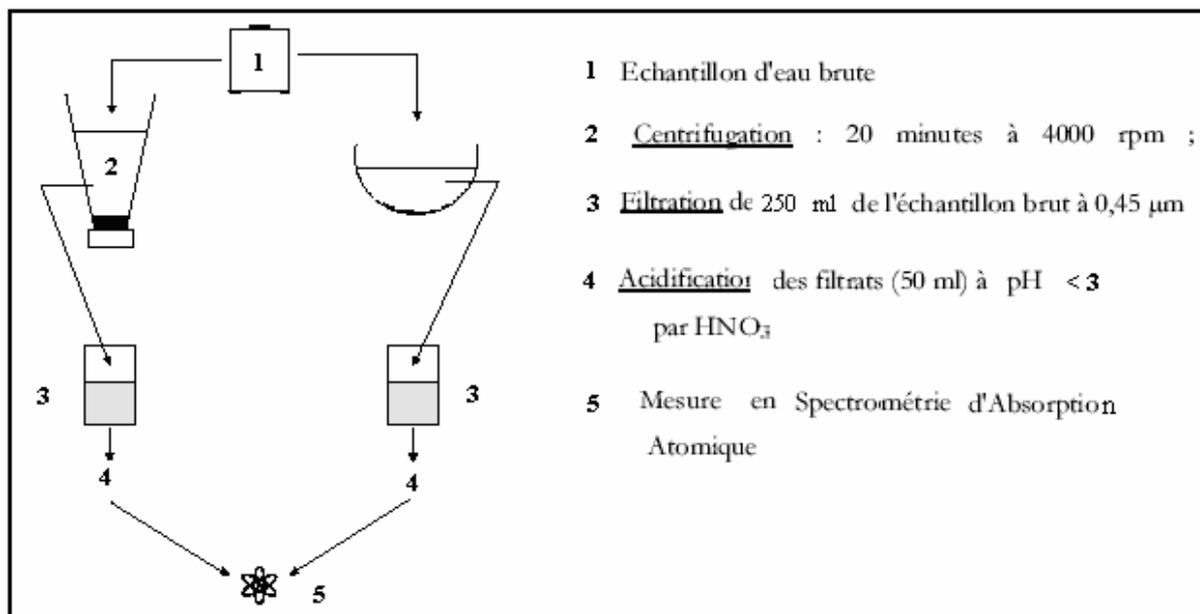


Figure IV.3 : Protocole utilise pour la préparation des filtrats.

IV.3.5 PARAMETRES ANALYSES

Sur l'ensemble des échantillons prélevés, plusieurs paramètres de qualité ont été analysés. Outre les métaux traces qui sont le coeur de ce travail, des analyses complémentaires ont été entreprises : le pH, la température, la conductivité de l'eau, sont mesurés sur les lieux de prélèvement, les MES, et la DBO_5 , analyse du métal (INOX), la recherche du carbone et soufre, composition de la pâte abrasive et le dosage des éléments métalliques dans les eaux résiduaires en laboratoire.

Tableau IV.1 : Méthodes et normes utilisées

Paramètres mesurés	Méthodes Utilisées	Lieux d'essais	Norme AFNOR
pH	Electrochimique	BCR	NF T 90 – 008
Température de l'eau	Thermomètre	BCR	NF T 90 – 100
Conductivité	Electrochimique	BCR	NF T 90 – 031
MES	Chimique	LMMC	NF T 90 – 105
DBO5	Manométrique	LMMC	NF T 90 – 103
Métal	Fluorescence X	CETIM	NF P 15 – 467
Pâte abrasive	Fluorescence X	CETIM	NF P 15 – 467
Dosage des éléments métalliques en solution	Spectrométrie d'Absorption Atomique	LMMC - ORGM	NF T 90 - 112

IV.4 PROTOCOLE D'ANALYSE DES METAUX

Neuf éléments métalliques (Argent, Cadmium, Chrome, Cuivre, Fer, Manganèse, Nickel, Plomb, Zinc) sont dosés en Spectrométrie d'Absorption Atomique par Flamme (F-SAA). La partie analytique a été réalisée au sein du Laboratoire Matériaux, Minéraux et Composites de l'UMBB. Ce laboratoire possède une expérience et un savoir-faire en ce qui concerne la mesure des éléments traces métalliques.

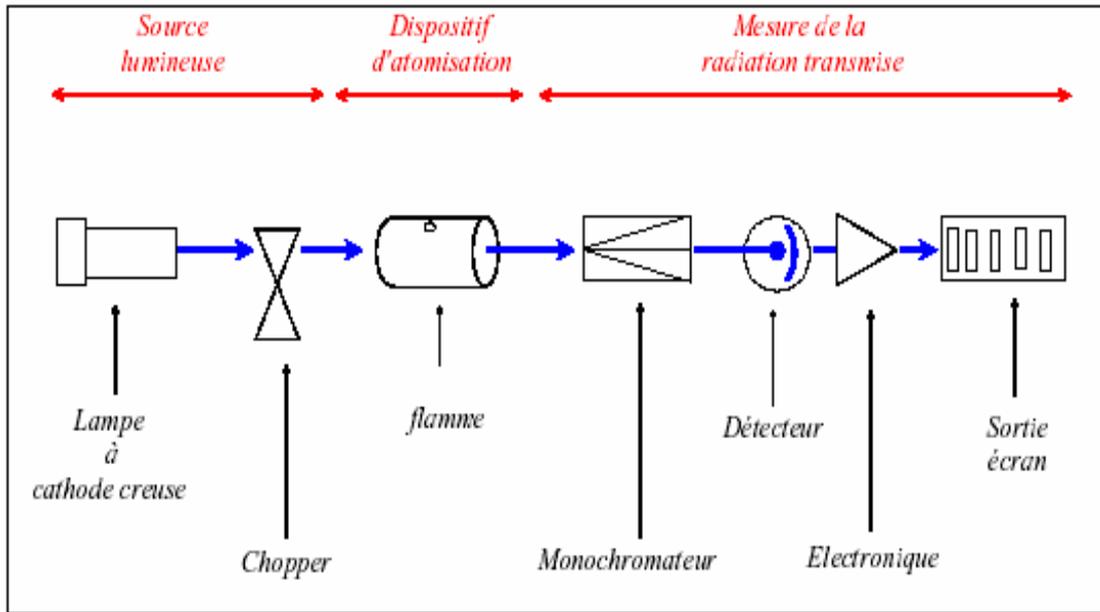
IV.4.1 MESURE DES METAUX TRACES : LA SPECTROMETRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE

IV .4.1.1 PRINCIPE

Le principe de cette technique analytique est de déterminer l'absorption d'une radiation de longueur d'onde convenable par un gaz d'atomes de l'élément que l'on souhaite doser [91]. Le spectromètre utilisé (de marque SOLAAR) fonctionne en mode flamme avec un mélange air-acétylène ou protoxyde d'azote- acétylène figure IV.4. L'analyse en (F-SAA) nécessite la réalisation de standards pour l'établissement d'une courbe d'étalonnage. Ces standards sont réalisés à partir d'une solution étalon à 1 g.l⁻¹ du métal à doser et sont acidifiés par HNO₃ puis dilués avec de l'eau distillée.

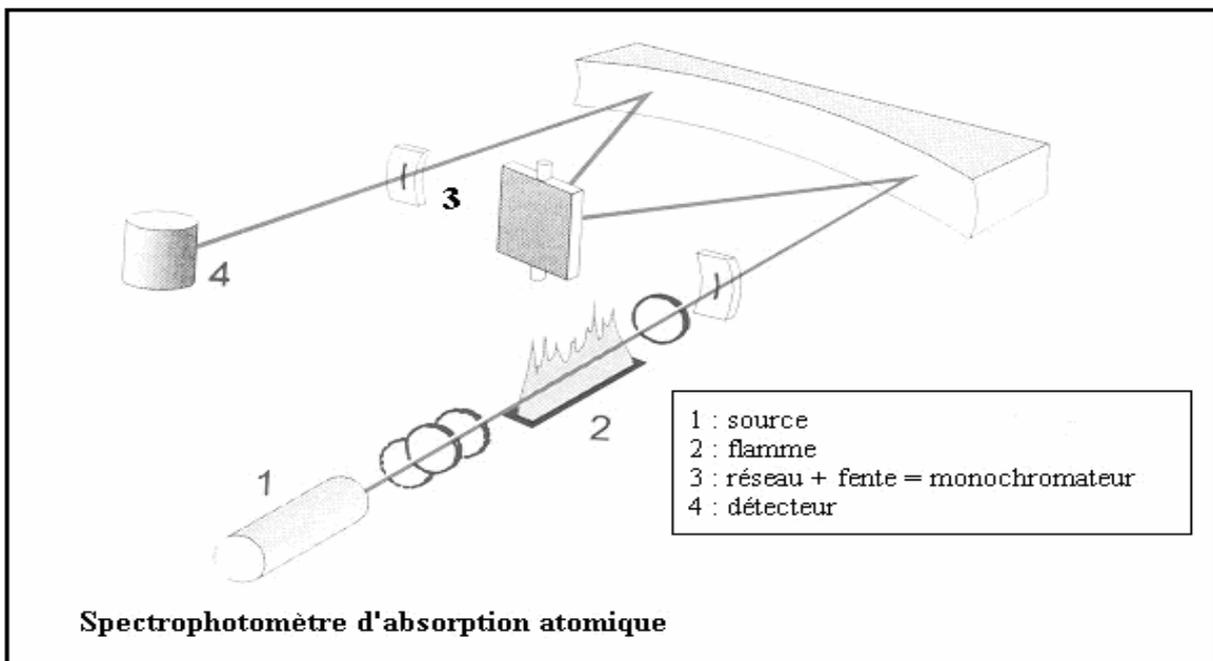
**Figure IV.4** : Photo de l'appareillage.

Le principe de la spectrométrie d'absorption atomique par flamme est décrit par les figures ci-dessous.



Lampe à cathode creuse fournissant le spectre d'émission de l'élément à doser.
Chopper produisant un signal modulé.
Flamme : atomiseur produisant un gaz d'atomes à partir de l'échantillon introduit sous forme liquide (3 à 40 µl) ou de brouillard (usage de nébuliseur).

Monochromateur isolant dans le spectre émis par la lampe.
Détecteur photométrique.
Amplificateur électronique du signal
Sortie : écran + imprimante.



Figures IV.5 : Principe de la Spectrométrie d'Absorption Atomique par Flamme [92].

IV.4.2 CONDITIONS ANALYTIQUES

Les conditions analytiques des mesures réalisées par spectrométrie d'absorption atomique par flamme sont regroupées dans le tableau VI.2.

Tableau IV.2 : Conditions d'analyse des métaux en SAA mode flamme.

Eléments	λ (nm)	Flamme	Fente (nm)	CC (mg/l)	LD (mg/l)
Argent	328.1	Air / C ₂ H ₂	0.5	0.025	-
Cadmium	228.8	Air / C ₂ H ₂	0.5	0.013	0.0028
Chrome	357.9	Air / C ₂ H ₂ N ₂ O/ C ₂ H ₂	0.5	0.05	0.0054
Cuivre	324.8	Air / C ₂ H ₂	0.5	0.033	0.0045
Fer	248.3	Air / C ₂ H ₂	0.2	0.052	0.0043
Manganèse	279.5	Air / C ₂ H ₂	0.2	0.02	0.0016
Nickel	232.0	Air / C ₂ H ₂	0.2	0.05	0.006
Plomb	217.0	Air / C ₂ H ₂	0.5	0.073	0.013
Zinc	213.9	Air / C ₂ H ₂	0.5	0.01	0.0033

λ nm : Longueur d'onde

CC mg/l : Caractéristique de la concentration (sensibilité), elle correspond à la concentration donnant une adsorption de 1%.

LD mg/l : Limite de détection est la plus petite concentration fournissant un signal double du bruit de font.

IV.4.3 COURBES D'ETALONNAGES

Par élément dosé, chaque série de mesure est précédée de la réalisation d'une gamme d'étalonnage, à titre indicatif voici quelques gammes d'étalonnage.

- ⇒ Argent : * 0,5 à 2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (5 valeurs = 0 ; 0,5 ; 1 ; 1.5 et 2) ;
- ⇒ Cadmium : * 0,1 à 1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (5 valeurs = 0 ; 0,1 ; 0,4 ; 0,7 et 1) ;
* 0,5 à 1 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (3 valeurs = 0 ; 0,5 et 1) ;
- ⇒ Cuivre : * 2 à 20 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (5 valeurs = 0 ; 2 ; 4 ; 10 et 20) ;
- ⇒ Plomb : * 1 à 10 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (5 valeurs = 0 ; 1 ; 3 ; 5 et 10) ;
* 2 à 20 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (5 valeurs = 0 ; 2 ; 4 ; 10 et 20) ;
- ⇒ Zinc : * 1 à 4 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (5 valeurs = 0 ; 1 ; 2 ; 3 et 4).

Quelque soit l'élément considéré, la sensibilité de l'appareil est relativement linéaire dans la gamme de concentration utilisée lors de ce travail (annexe IV.4).

Ce qui démontre une bonne linéarité des courbes d'étalonnage ainsi qu'une qualité satisfaisante des analyses.

IV.5 ANALYSES COMPLEMENTAIRES

Pour une interprétation meilleure et plus sensible des résultats obtenus lors d'analyses sur les rejets liquides de l'entreprise, une batterie d'examen est réalisée sur des composants entrants lors de la confection des produits.

La composition de la matière première (INOX), et de la pâte abrasive sont analysées par fluorescence X, les résultats suivants ont été obtenus :

Tableau IV.3 : Pourcentage des éléments composants la matière première.

Métaux	Mo	Cu	Ni	Mn	Cr	Si	P	Fe	S
Qualités H et A	0.23	0.38	8.27	1.21	18.17	0.48	0.042	70.89	0.015
Qualité M	0.13	0.19	9.24	1.17	18.10	0.66	0.044	69.67	0.032

Tableau IV.4 : Concentration des éléments contenus dans la pâte abrasive en pourcent.

Métaux	Cr	Na	Al	Fe	Si	P	Ca	S
Pâte abrasive	0.010	0.305	67.051	0.130	0.633	0.012	16.215	0.171

IV.6 RESULTATS ET DISCUSSIONS (COMENTAIRES)

Les campagnes de prélèvements ont donné les résultats transcrits dans les annexes IV.6 et IV.7.

IV.6.1 INTERPRETATION STATISTIQUE DES RESULTATS.

Tableaux IV.5 : Synthèse statistique des résultats obtenus

Lieu	Eléments	Min.	Max.	Ecart-type	Coefficient de variation	Variance de l'échantillon	Niveau de confiance 95 %
ARGENTURE	Argent	0,14	8,1	2,259	1.64	5,10	1,44
	Cadmium	0,01	0,01	1,8 E-18	180 E-18	0	1,11 E-18
	Chrome	0,23	0,89	0,189	0.64	0,036	0,12
	Cuivre	0,05	0,36	0,126	0.96	0,016	0,08
	Fer	0,25	2,64	0,794	1.03	0,630	0,50
	Manganèse	0,03	0,04	0,003	0.1	8,3E-06	0,002
	Nickel	4,5	21486,29	727,49	2.08	529246,60	462,23
	Plomb	0,5	0,5	0	0	0	0
Zinc	0,15	8,99	2,602	1.79	6,77	1,65	

Lieu	Eléments	Min.	Max.	Ecart-type	Coefficient de variation	Variance de l'échantillon	Niveau de confiance 95 %
VIBRO - CHIMICA	Argent	0,03	0,09	0,025	0.57	0,001	0,016
	Cadmium	0,01	0,08	0,0208	1.3	0,0004	0,0132
	Chrome	0,05	0,23	0,081	0.44	0,007	0,052
	Cuivre	0,05	0,55	0,162	1.23	0,026	0,103
	Fer	0,4	13	3,683	0.95	13,561	2,340
	Manganèse	0,03	1	0,304	1.71	0,092	0,193
	Nickel	0,06	0,3	0,062	0.56	0,004	0,039
	Plomb	0,5	0,65	0,042	0.08	0,002	0,027
	Zinc	0,22	5,99	1,597	1.17	2,550	1,015

Lieu	Eléments	Min.	Max.	Ecart-type	Coefficient de variation	Variance de l'échantillon	Niveau de confiance 95 %
POLISSAGE	Argent	0,02	0,103	0,03	0.83	0,001	0,021
	Cadmium	0,01	0,01	1,8 E-18	180 E-18	0	1,11E-18
	Chrome	0,05	0,23	0,07	0.35	0,005	0,044
	Cuivre	0,56	6,38	1,50	0.75	2,244	0,952
	Fer	4,2	30,5	8,61	0.55	74,125	5,470
	Manganèse	0,37	2,00	0,42	0.51	0,174	0,265
	Nickel	0,26	0,7	0,12	0.31	0,015	0,077
	Plomb	0,5	0,5	0	0	0	0
	Zinc	0,41	9,79	2,605	0.89	6,787	1,655

Les résultats obtenus après exploitation statistique montrent que :

Pour les eaux d'argenture, les échantillons prélevés présentent une non uniformité. Cela peut être justifié par le fait que les concentrations des bains sont réajustés, confirmés par les pics retrouvés dans les rejets.

La non linéarité des concentrations d'argenture constatée est due au planning des rejets qui n'est pas définie (en fonction de la production des commandes d'articles de qualité « A »).

IV.6.2 INTERPRETATION

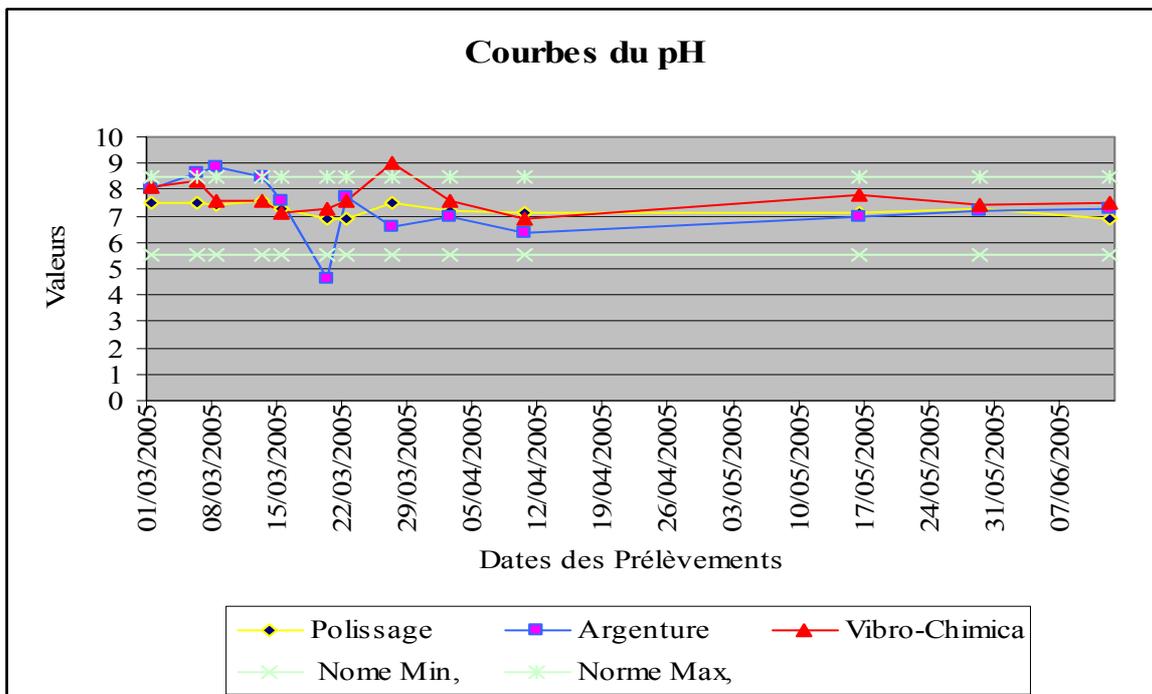
Dans tous les pays, les eaux résiduelles rejetées par les installations industrielles sont régies par des lois (Annexe IV.5) [25], [93], pour l'Algérie, les teneurs maximales sont définies (Journal Officiel : n° 46) comme suit :

Tableau IV. 6 : Normes de rejets des eaux résiduaires industrielles en Algérie.

Paramètres	Unités	Concentrations ou Valeurs
pH	-	5.5 - 8.5
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$	-
Température	$^{\circ}\text{C}$	30
MES	mg/l	30
DBO5	//	40
Cadmium	//	0.2
Chrome III	//	3.0
Chrome VI	//	0.1
Cuivre	//	3.0
Fer	//	5.0
Manganèse	//	1.0
Nickel	//	5.0
Plomb	//	1.0
Zinc	//	5.0

IV.6.3 DISCUSION DES RESULTATS

► Pour le pH et la Température, dans l'ensemble les résultats des différents sites de prélèvements sont conformes aux normes, cela est apparent dans la figure IV.6 et la figure IV.7, pour le cas du 22/03, argenture, suite à notre analyse, les eaux se trouvant dans un bac intermédiaire ont été neutralisées [94].

**Figure IV.6 :** Les courbes du pH des différents points de prélèvements.

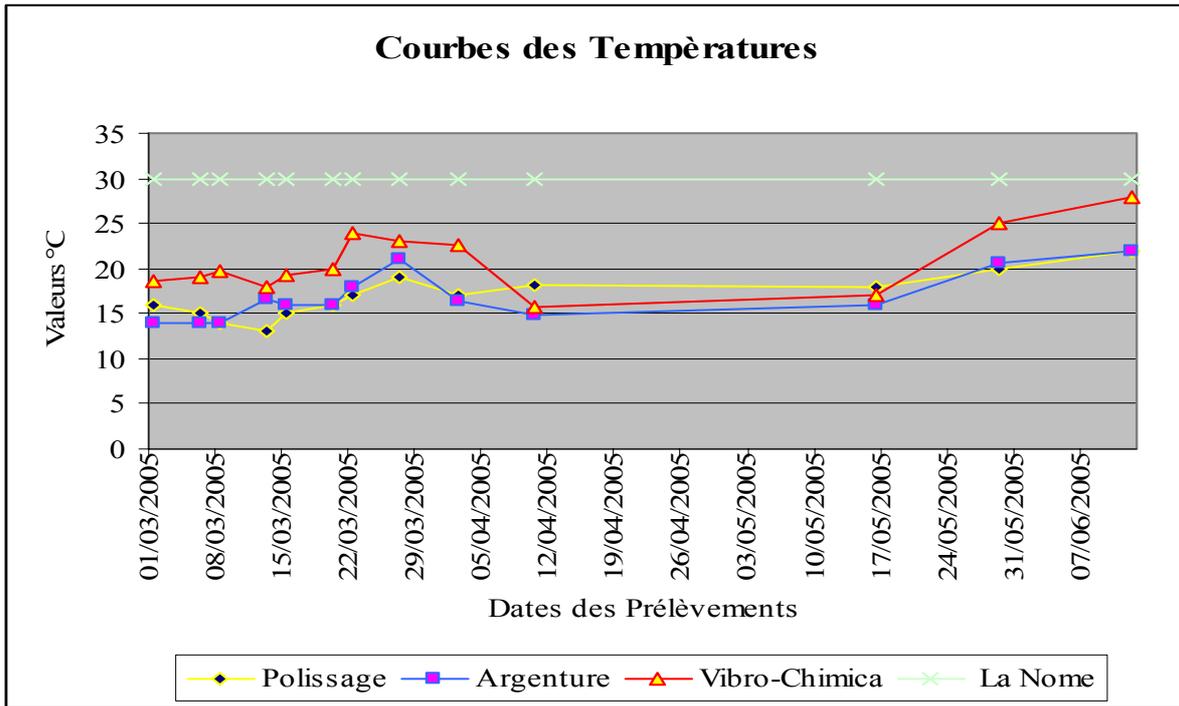


Figure IV.7 : Les courbes des températures aux différents points de prélèvements.

► Pour les MES, figure IV.8 les effluents sont chargés par des particules en suspension pour le polissage. C'est dû probablement à la pâte abrasive et aux particules de matières qui se décollent des brosses. Pour la Vibro-chimica, les eaux sont chargées en particules, et plus spécifiquement des huiles de trempage.

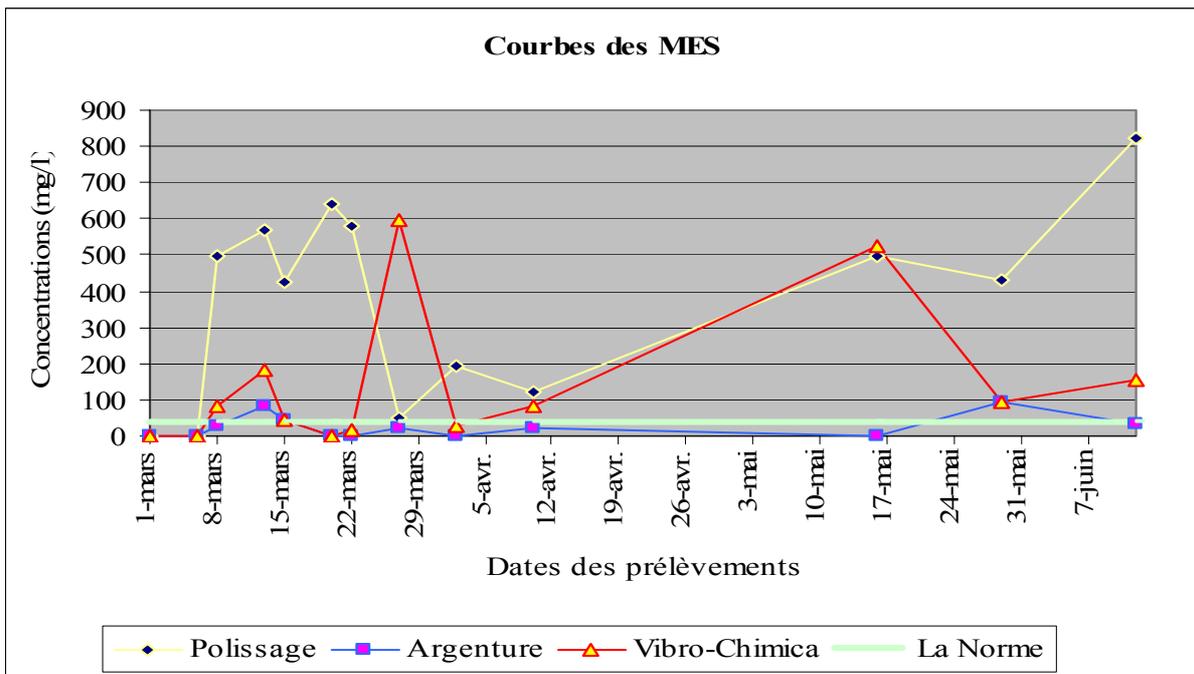


Figure IV.8 : Les courbes des MES aux différents points de prélèvements.

► Pour la Conductivité, les concentrations élevées sont vraisemblablement dues aux ions Na, OH à l'état dissous (sels). Cela augmente la conductivité.

Remarque :

Il aurait été judicieux d'effectuer la demande chimique en oxygène (DCO), ce qui traduirait l'importance des réacteurs.

Les valeurs de la DBO₅ obtenues ne permettent aucune exploitation possible.

► Pour l'élément Argent, il est confirmé et justifié que pour le polissage et la vibro-chimica, il n'y a que des traces d'argent. Entre autres, pour l'argenture, des concentrations assez importantes (8 mg/l) sont rejetées. Cela peut s'expliquer par un réajustement des concentrations des bains de pré argentage qui sont réajustés en KAgCN₂ et changés après un certain temps d'utilisation.

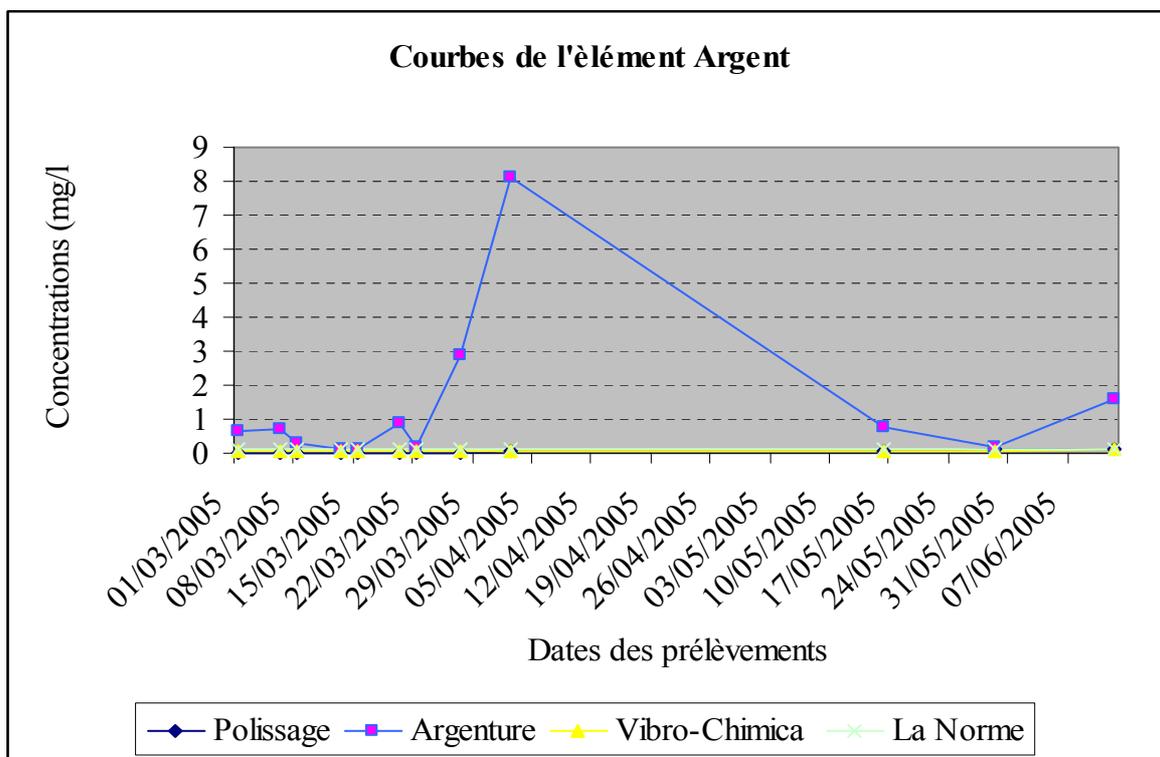


Figure IV.9 : Les courbes de l'Argent aux différents points de prélèvements.

► Le cuivre : seul les effluents du polissage ont renfermé une concentration en Cuivre, c'est probablement dû au décollement de la matière première (tableau IV.3).

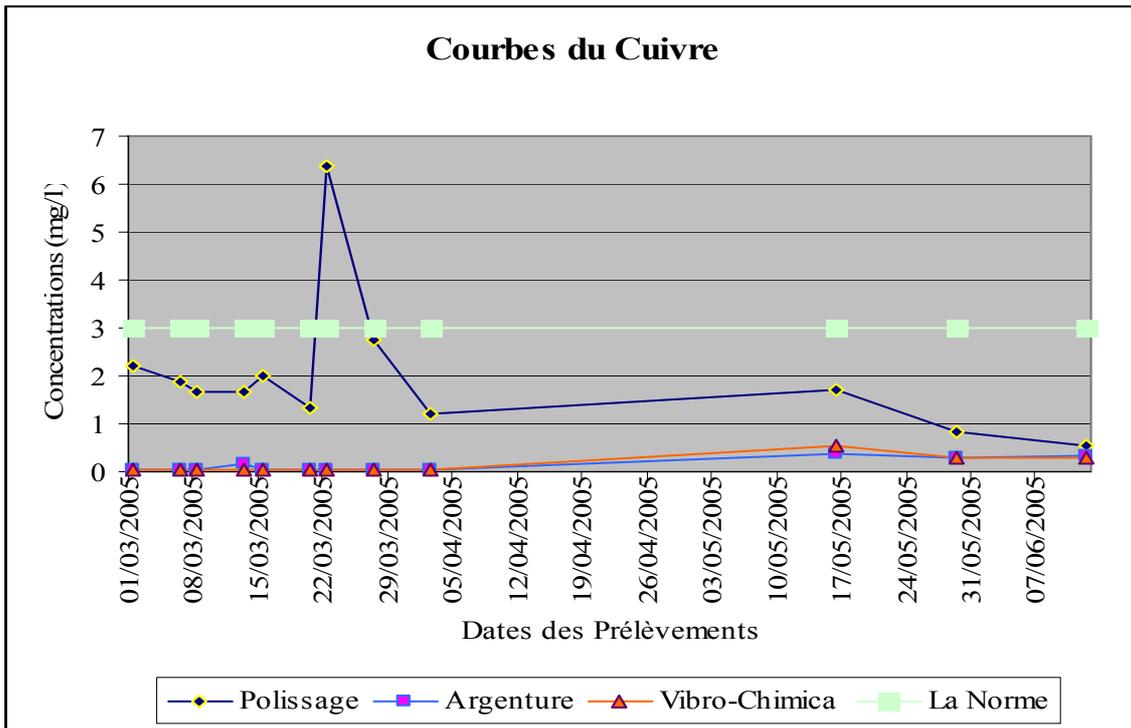


Figure IV.10 : Les courbes du Cuivre aux différents points de prélèvements.

► Pour le Fer issues du polissage, il est constaté des valeurs très élevées. Cela peut être justifié par le fait qu'à très grande vitesse, la pâte abrasive aidant, des particules métalliques sont décollées par abrasion.

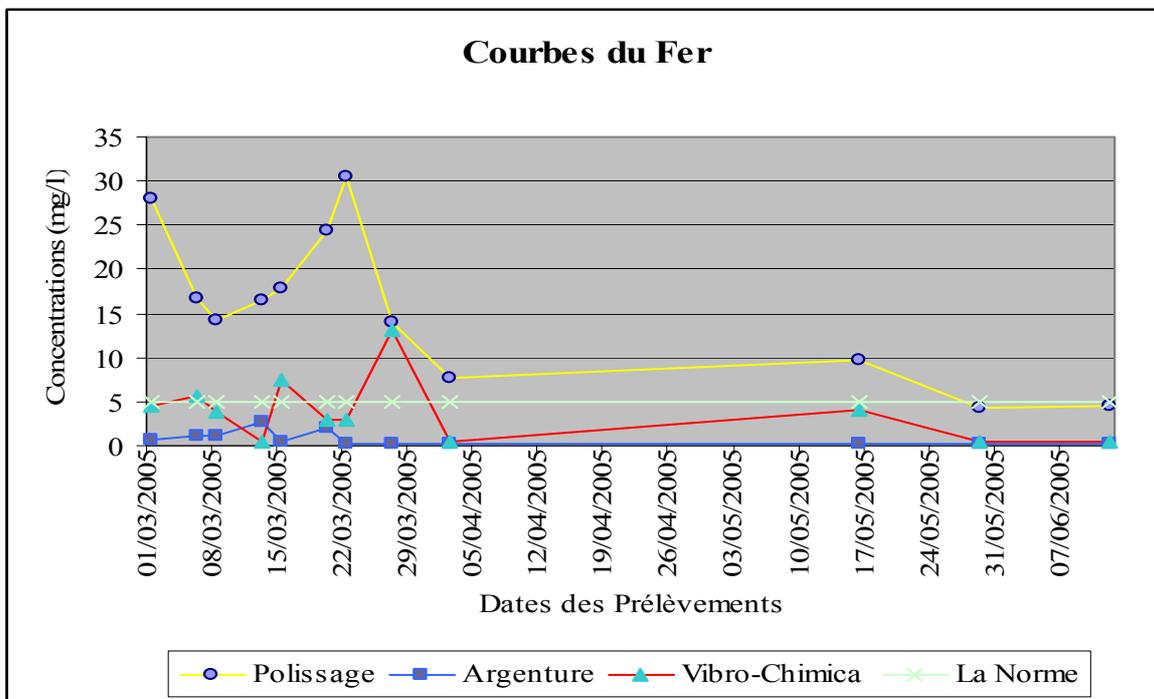


Figure IV.11 : Les courbes du Fer aux différents points de prélèvements.

► L'apparition du Manganèse dans l'étape polissage peut se justifier probablement parce qu'il est l'un des composants de la pâte abrasive et de l'INOX « H ».

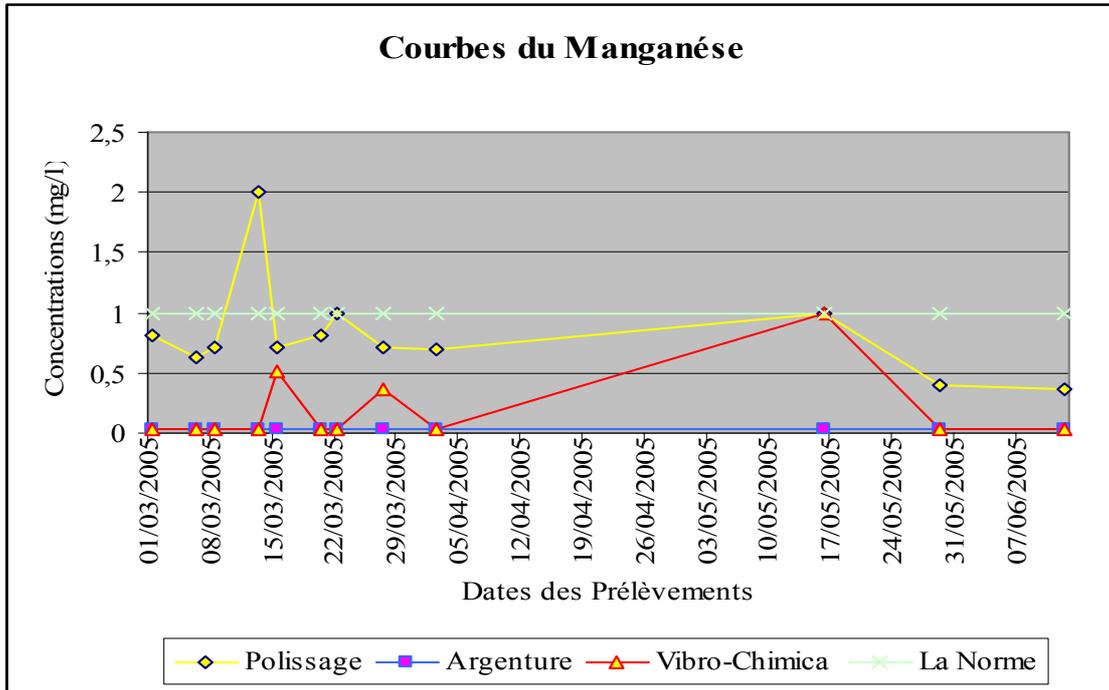


Figure IV.12 : Les courbes du Manganèse aux différents points de prélèvements.

► les concentrations en Nickel, recherchées dans les effluents de polissage et de Vibro-chimica sont négligeables au regard de la norme (figure IV.13).

Par contre des concentrations alarmantes (figure IV.14) sont contenues dans les rejets de l'argenture. Ça peut s'expliquer par le déversement des eaux du bain d'attaque encore chargées par les chlorures de nickel (une sur utilisation du nickel dans les bains).

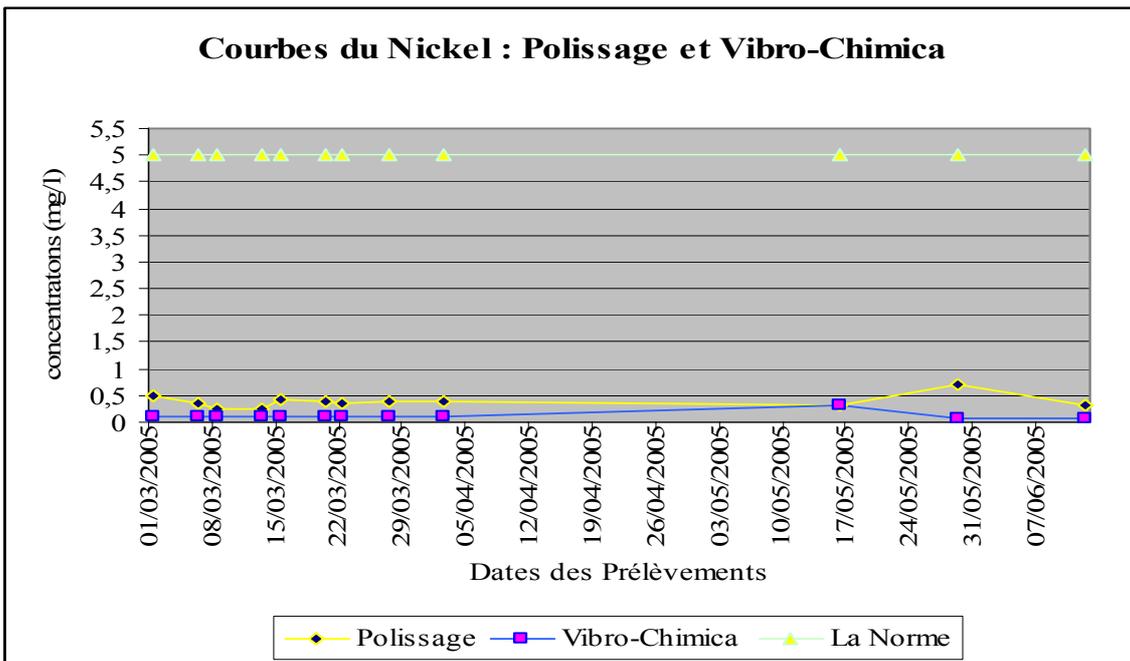


Figure IV.13 : Les courbes du Nickel pour Les prélèvements du Polissage et Vibro-Chimica.

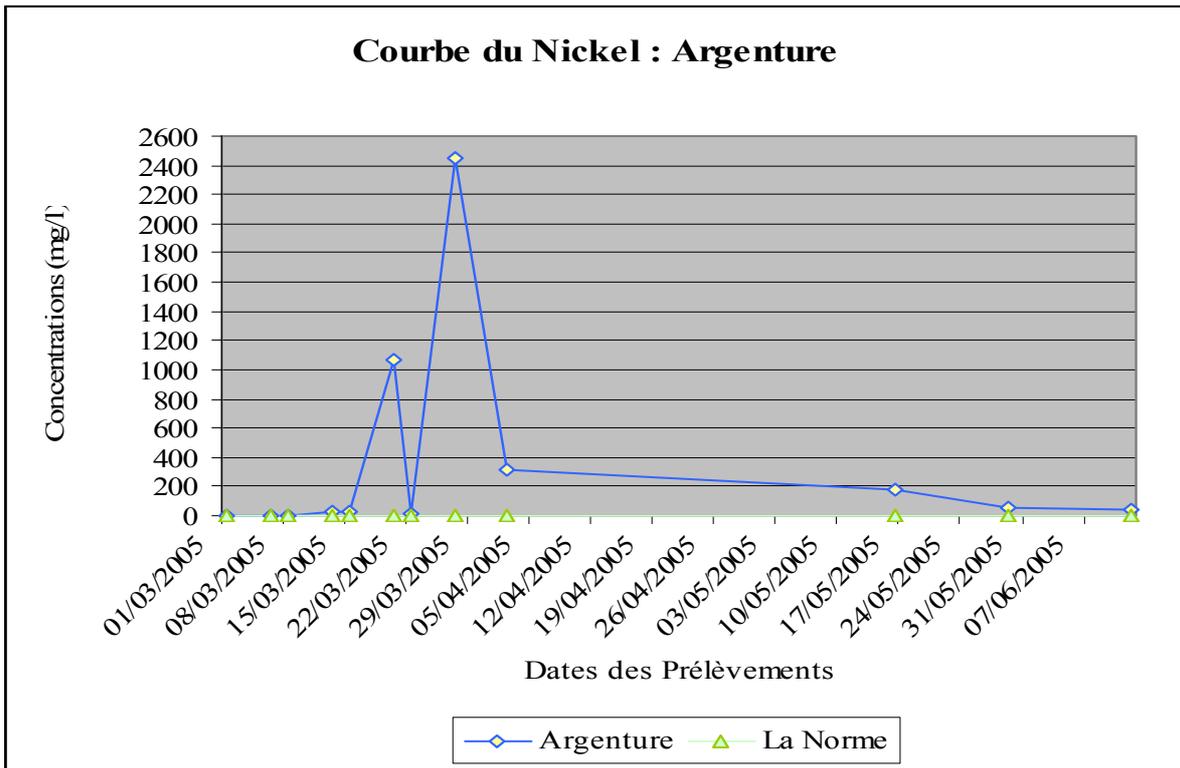


Figure IV.14 : Les courbes du Nickel : Les prélèvements d’Argenture.

► Il y a des traces de Zinc dans les rejets. L’analyse de la pâte abrasive et du métal (tableau IV.3 et IV.4) n’a pas justifié la provenance. A l’état actuel de nos recherches, aucune clarification n’est avancée.

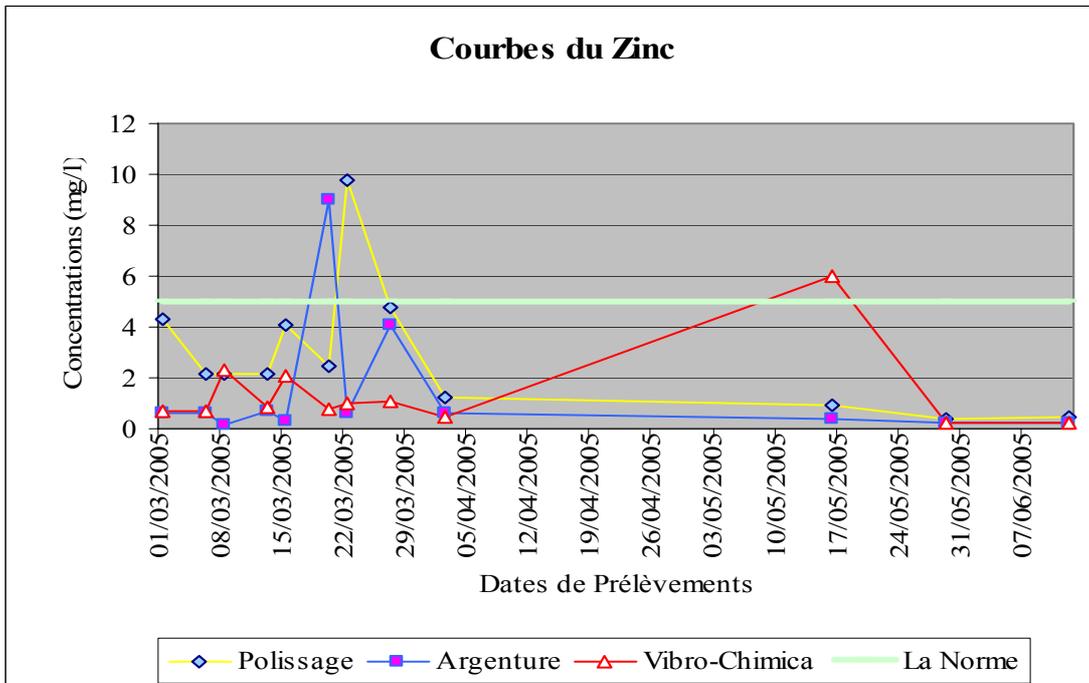


Figure IV.15 : Les courbes du Zinc aux différents points de prélèvements.

IV.7 APPLICATION DU SEQ-EAU : EXEMPLE LE NICKEL

Les résultats des prélèvements de polissage, vibro-chimica et argenture pour l'altération nickel sont transformés en classes et indices de qualité, pour cela les résultats sont transformés suivant les seuils décrits dans l'annexe III.4.

Tableau IV.7 : Transformation en classes et indices de qualité, pour le Nickel.

Dates et Lieux	01-mars	06-mars	08-mars	13-mars	15-mars	20-mars	22-mars	27-mars	02-avril	16-mai	29-mai	12-juin
Polissage	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Vibro-chimica	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Argenture	V	V	V	J	V	R	V	R	R	R	R	J

B : bleu ; V : vert ; J : jaune ; R : rouge.

Cela va permettre d'établir une évaluation de la qualité des eaux rejetées par une lecture de la figure IV.16, du rouge pour une mauvaise qualité au bleu qui est la meilleure.

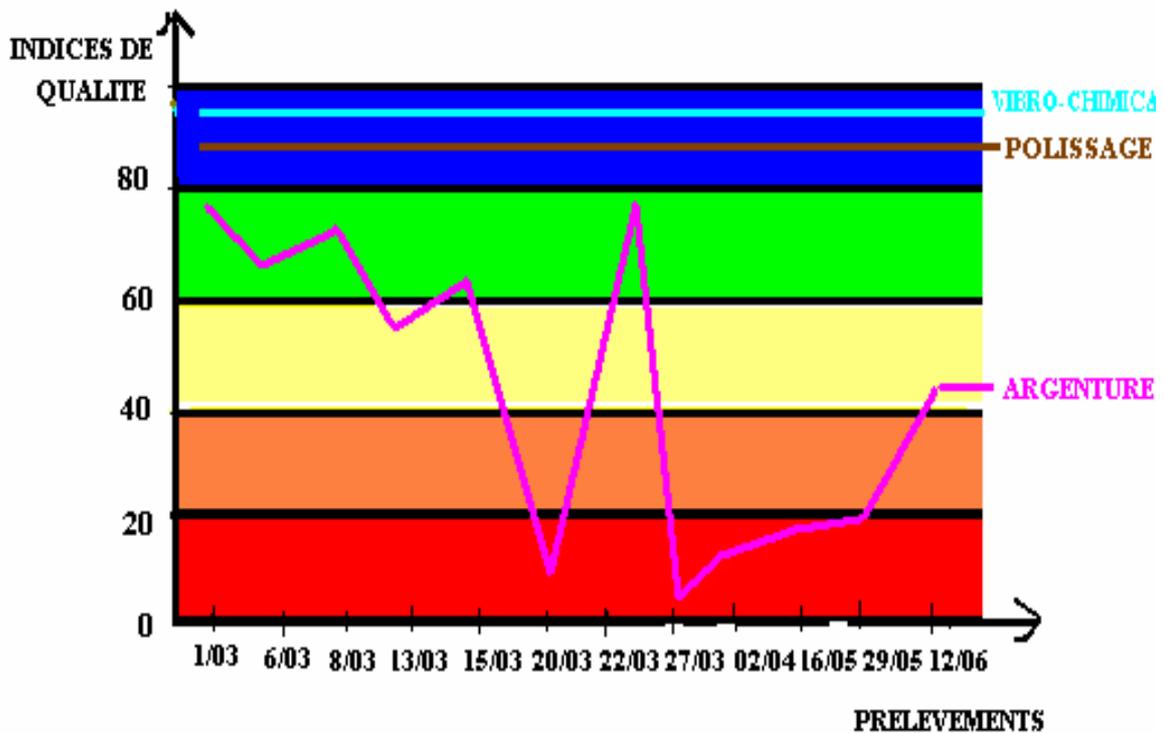


Figure IV.16 : Evaluation de la qualité des eaux pour l'altération Nickel (SEQ-EAU).

CONCLUSION:

Les différentes analyses sur ces eaux résiduaires ont fait ressortir l'existence de pollutions ponctuelles par les métaux suivants : Zinc, Cuivre, Argent, Manganèse, Nickel et Fer.

Ces derniers sont la résultante des différents procédés utilisés, à savoir :

1. les différents bains de l'atelier de traitement de surface produisant des rejets contenant du Nickel, de l'Argent et du Zinc.
2. La présence du Fer est observée exclusivement au niveau de deux sections : Polissage et Vibro-chimica ; où la matière première subit des traitements physico chimiques (afin de lui conférer un aspect brillant) et un nettoyage de ses différentes huiles et déchets subsistants de l'emboutissage, la découpe ou l'estampage provenant des sections transformations.
3. La détection du Cuivre dans les rejets de polissage à des concentrations proches de la norme adoptée par le pays.
4. Le Manganèse est décelé dans les rejets de la section polissage, est justifié par le phénomène de décapage mécanique de la matière première.
5. les valeurs obtenues relatives à l'existence du Plomb, Chrome et Cadmium (annexe IV.8), sont admissibles (valeurs limites inférieures).
6. l'analyse des prélèvements des eaux saisies en amont de l'entreprise BCR (amont) s'avère dénuée de pollution métallique et d'une qualité physico-chimique bonne.
7. les prélèvements en aval de l'entreprise malgré le nombre réduit de prélèvements confortent l'hypothèse du rejet d'effluent dans l'environnement.

Pour l'utilisation du SEQ-EAU ce dernier étant un outil pouvant aider à établir un diagnostic très affiné pour une exploitation meilleure.

***CONCLUSION
GENERALE***

CONCLUSION GENERALE :

Le constat est général : la connaissance des apports au milieu côtier est nécessaire pour une nation désireuse de conserver et gérer durablement ses ressources marines.

La protection des zones côtières est, en effet, un des enjeux majeurs pour notre pays qui possède une façade maritime.

Cette étude est destinée à apporter une contribution à l'identification et à l'étude d'impact de l'activité industrielle sur la frange côtière de la wilaya de Boumerdès, à travers l'évaluation du rejet des effluents drainés via des Oueds exoréiques d'une entreprise de traitement de surface avec la proposition d'un outil d'aide à la décision pour les autorités locales.

Ainsi, la mise en place de réseaux de surveillance de la qualité des eaux du littoral nécessite l'organisation de programmes scientifiques capables d'estimer l'état général de santé du milieu, d'identifier les causes de perturbations et d'obtenir une évaluation globale de la qualité du milieu. Cela est justifié par les raisons suivantes :

– Etant une wilaya à attrait touristique (balnéaire), la qualité des eaux côtières est importante, les répercussions sur l'économie régionale (pêche, plaisance, tourisme.....) peuvent en pâtir.

– Les pollutions métalliques des eaux de rejet engendrent des impacts écologiques sur les eaux de surfaces et les nappes phréatiques pouvant perturber les différents écosystèmes.

– Une sensibilisation des utilisateurs professionnels aux conséquences néfastes des rejets contaminants et le respect des normes de rejet par la mise en oeuvre d'installation de dépollution, de campagnes de prélèvements dans des endroits prédéterminés pour une bonne exploitation spatiotemporelle.

– Etablir ainsi une base de données exploitables par les administrations concernées, chargées du respect des normes et de la législation environnementale, dans le but d'obtenir une évaluation fiable de l'évolution de la qualité de l'environnement.

– Un modèle sous forme d'outil d'aide à la décision facilitera l'exploitation et le traitement des données pour permettre une gestion durable des zones côtières. Le SEQ-eau en est un.

SEQ-eau est un outil d'utilisation internationale (France, Canada..), une confrontation des résultats et un profit par retour d'expérience est envisageable.

– L’auto surveillance vise notamment à exiger des entreprises un contrôle permanent et continu des quantités rejetées et de leur qualité en vue de les engager dans une démarche d’amélioration continue de leurs performances environnementales, par la mise en place par eux-mêmes d’un programme interne de surveillance avec les caractéristiques (polluants à analyser, fréquences, méthodes...). Pour l’entreprise BCR, son but est de décrocher la certification ISO14000.

Evidemment les résultats obtenus ici restent des résultats préliminaires dans la mesure où il reste beaucoup à faire. Ainsi dans le cadre de perspectives, il reste à parfaire quelques points :

– Elargir la période de prélèvement pour qu’elle soit la plus représentative possible afin d’évaluer l’évolution des paramètres dans le temps.

– La mesure de la qualité des eaux seule ne permet pas toujours de déceler des contaminants en traces, ces derniers se retrouvent moins dans l’eau que dans les sédiments car ils ont tendance à s’adsorber. C’est pourquoi les mesures s’orientent aujourd’hui vers les sédiments qui concentrent bien davantage que les eaux (en mesurant les teneurs des sédiments avant et après le point de rejet présumé, ce qui permet d’évaluer la contamination et de déterminer la source avec certitude).

–L’évaluation de l’impact d’un contaminant sur le milieu nécessite l’estimation des concentrations biodisponibles par l’analyse des organismes marins et des facteurs environnementaux qui les affectent.

– Une étude économique du gain occasionné par le recyclage des rejets d’effluent d’argenterie en récupérant les ions d’argent.

– Une étude épidémiologique des cultures de la région est envisageable puisque Oued Isser est exploité pour l’irrigation des plantations.

– Éléments anioniques (cyanure) devront faire l’objet d’un approfondissement pour les rejets d’argenterie.

– Une réutilisation ou un recyclage des eaux industrielles rejetées devra faire l’objet d’un travail ultérieur, car l’entreprise BCR, puise ses eaux par forage dans la nappe phréatique.

– La nécessité d’adopter des technologies propres qui ont comme principe de base ” Waste Minimization” ou le ”Zero Discharge”, c’est-à-dire « le rejet zéro ».

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **Rapport sur l'état de l'environnement de la wilaya de Boumerdès. Plan d'organisation du débat sur l'environnement et le développement durable dans la wilaya de Boumerdès, Inspection de l'environnement Boumerdès, 29p, (Mars 2001)**
- [2] **Etude prospective d'aménagement et de développement de la wilaya de Boumerdès Phase I, Eléments de diagnostic et perspectives de développement, A.N.A.T, 120p (Février 2001).**
- [3] **Annuaire statistique de la wilaya de Boumerdès D.P.A.T. 99p, (2004)**
- [4] **Chemlal, N. Etude paléo morphologique et hydrogéologique de la vallée du Bas Isser (Algérie) Thèse de Doctorat Grenoble 229p, (1983)**
- [5] **Ramade, F. Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau continentales et littorales Ediscience, 786p, (1998).**
- [6] **Rapport de la wilaya de Boumerdès. Inspection de l'environnement Boumerdès, 7p (2004)**
- [7] **Lacri, A. Evolution géomorphologique de la zone de Boumerdès cap blanc mémoire de fin d'étude, USTHB, Alger, 64p, (1980).**
- [8] **Bouhamadouche, M. Sédimentologie du plateau continental Est-Algerois (Boumerdès – Boudouaou El Bahri) Mémoire de magistère USTHB, Alger, 142p, (1993).**
- [9] **Ahmad, M. Marine pollution by oil and municipal wastes along the coast of Lebanon. Thèse de Doctorat, 285p, (1972).**
- [10] **Nakhle, K.F. Le mercure, le cadmium et le plomb dans les eaux littorales libanaises : apport et suivi au moyen de bioindicateurs qualitatifs (éponges, bivalves et gastéropodes) Thèse de Doctorat, Université Paris 7, 229p, (2003).**
- [11] **Millot, C. Some features of the Algerian current .j. Geophys.res. 90, c4. (1985).**
- [12] **Benzohra, M. ; Millot, C. Analyse des caractéristiques hydrologiques et circulation des masses d'eau dans la zone côtière Algérienne. Camp. Oceano. Franç. Bull. N°11- IFREMER pub. (1990).**
- [13] **Orchinikov, I.M. Circulation in the surface and intermediate layers of the mediterranean oceanology, 6: 48 pp. (1966).**
- [14] **Kareb, F. Littoral de Boudouaou El Bahri (Baie de Boumerdès) évolution et mécanismes d'érosion. Mémoire d'Ingénieur USTHB, Alger, 48p, (1995).**
- [15] **Guilcher, A. Précis d'hydrologie marine et continentale Edition : Masson, Paris, 389p, (1979).**
- [16] **Dussart, B. Limnologie, l'étude des eaux continentales, deuxième édition. Boudée. 736p, (1992).**

- [17] Benslama, H. Apport détritique de oued Isser et rôle du canyon d'Alger dans la dynamique des sédiments du plateau continental de la baie de Zemmouri El Bahri, Thèse de Magister, USTHB 107p, (2003)
- [18] Lacombe, H. ; Tchernia, P. Caractère hydrologiques et circulation des eaux en méditerranée. The mediterranean sea a national sédimentation laboratory. Stanley ed. , (1972)
- [19] Boumaza N. Cartographie hydrogéologique de la vallée du Sebaou, Thèse de Magistère USTHB 176p, (2002)
- [20] Larid M., Boulhidid M., Sefiane O., Belkessa R., P.A.C. Algérie étude préliminaire. Ismal, 77p 38, 53-58pp, (1998).
- [21] Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement Ministère de l'Environnement 95pp, (2003)
- [22] Fekiri, A. Synthèse et cartographie hydrogéologique de la vallée du bas Isser. Thèse de Magistère, USTHB 365p, (2000).
- [23] Larid, M. Gestion des zones côtière plan national d'actions environnementales 62p, (1997).
- [24] Rapport sur l'état et l'avenir de l'environnement, Ministère de l'Environnement. 253p 63, 116, 129pp, (2000).
- [25] Boeglin, J-C. Pollution industrielle de l'eau- caractérisation, classification, mesure. G1210, volume G1, Technique de l'Ingénieur, Traite Environnement, 12p, (1999).
- [26] Le traitement des eaux résiduaires urbaines et industrielles. Innovation 128, Paris, 185p (1992).
- [27] Boeglin, J-C. L'eau et l'industrie G1100, Traité Environnement, volume G1, Technique de l'ingénieur, Traité Environnement 4p, (2001).
- [28] Ramade, F. Dictionnaire encyclopédique des pollutions, polluants : de l'environnement a l'homme, Ediscience International, Paris.690p, 151-157pp, (2000).
- [29] Boeglin, J-C. Propriétés des eaux naturelles G1110 Traité environnement volume G1 Technique de l'Ingénieur Traité Environnement 8p, (2001).
- [30] Namour, PH. Autoépuration des rejets organiques domestiques, nature de la matière organique résiduaire et son effet en rivière. Thèse de Doctorat université Claude Bernard-Lyon 1. 160p, (1999).
- [31] Rapport sur les eaux de baignades, Direction de l'Environnement Boumerdès. 10p, (Septembre 2004).
- [32] Pays, D. (1999) Les transferts de polluants atmosphériques vers les milieux aquatiques. Office international de l'eau. Thématique : pollution des eaux ENGREF.41p, 1-12pp, (1999).

- [33] Agence européenne pour l'environnement : Le transport des polluants atmosphériques et ses effets, N° 6, 6p, (1997)
- [34] Jacqueson, L. Intégration de l'environnement en entreprise : Proposition d'un outil de pilotage du processus de création de connaissances environnementales Doctorat de l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, Paris, 173p, (2002)
- [35] Comolet, A. L'environnement au risque d'une définition, l'information Géographique 55, pp109-116, (1991).
- [36] O. C. D. E., Bonnes pratiques pour les études de L'impact Sur L'environnement exercé par les projets de développement .Organisation de coopération et de développement économique. Comité d'aide au développement, lignes directrices sur l'environnement et l'aide n°1, 18p, (1992).
- [37] Andre, P ; Delisle, C. ; Revéret, J-P. L'évaluation des impacts sur l'environnement. Processus, acteurs et pratique -Presses internationales polytechnique, 416p 17-31pp, (1999).
- [38] Bernier, J. Risque et décision en gestion de l'eau. Essai d'analyse de la rationalité du dialogue entre hydrologue et gestionnaire. Rev. Sci. Eau, 11(1)3-24, (1998).
- [39] Seyle, H. Le stress de la vie, problème de l'adaptation, Gallimard, Paris, France, 417p, (1962).
- [40] Hamelin, R. ; Laporte, J. ; Picot, A. Environnement et nuisances. Edition Clartés (Axxio), 154p, (2000).
- [41] Gaujous, D. La pollution des milieux aquatiques - Aide mémoire. Édition : Tec. Doc. LAVOISIER, 210p, 53-68 pp, (1993).
- [42] Lacaze, J-C. La dégradation de l'environnement côtier conséquences écologiques. Édition : MASSON, 149p, 27pp, (1993).
- [43] Raguin, J. Protection de l'environnement dans le milieu industriel. A 8651. Traité génie industriel volume AG 4, Technique de l'ingénieur, pp7, (1995).
- [44] Le Gall, A-Ch. Utilisation des modèles multimédias pour l'évaluation du comportement de substances organiques dans l'environnement. Ministère de l'Écologie et du Développement Durable Unité Modélisation et Analyse Économique pour la Gestion des Risques (MECO) Direction des Risques Chroniques (DRC). INERIS DRC-MECO. N° 3, 92p, 12pp, (Mars 2004).
- [45] Dange, C. Etude du comportement des éléments traces en milieu estuarien : approche expérimentale et modélisation Thèse de Doctorat Université de Reims Champagne- Ardenne, 644p, (2002).
- [46] Le floch, M. Caractérisation physico-chimique et traçage des émissions particulières métalliques d'une usine D'incinération d'ordures ménagères dans l'air Ambient. Exemple de l'uiom de Toulon (Var, France) docteur de géosciences de l'environnement l'université de droit, d'économie et des sciences D'Aix-Marseille, 326p, (2004).

- [47] **Rocher, V.** Introduction et stockage des hydrocarbures et des éléments métalliques dans le réseau d'assainissement unitaire parisien. Doctorat Spécialité : Sciences et Techniques de l'Environnement. Université Paris XII Val de Marne, 231p, (2003).
- [48] **Gueguen, Y.** Réalisation d'un système expert pour le bilan de la contamination métallique du réseau hydrographique de la Seine DEA Hydrologie, Hydrogéologie, Géostatistique et Géochimie Université pierre et marie curie, 47p, (2003).
- [49] **Le Goff, F. ; Bonnomet, V.** Devenir et comportement des métaux dans l'eau : Biodisponibilité et modèles BLM Rapport technique INERIS- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Direction de l'Eau Opération n° 2 Direction des Risques Chroniques- Unité « Evaluation des Risques Eco toxicologiques », 87p, (Mars 2004).
- [50] **Di Benedetto,** Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation. Dossier : Les métaux lourds axe " Génie des Procédés", centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Étienne, 49p, (1997).
- [51] **Morlot, M.** Aspects analytiques du plomb dans l'environnement Association Générale des Hygiénistes Municipaux Edition : Tec. Doc., LAVOISIER ,481p, 29-30pp, (1999).
- [52] **Devez, A.** Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques. Docteur de l'ENGREF Spécialité : Sciences de l'eau Centre de Montpellier, 269p, (2004).
- [53] **Fustec, E. ; Lefeuvre, J-C.** Fonctions et valeurs des zones humides. DUNOD, Paris, 426p, 173pp, (2000).
- [54] **Labouze, E.** Valeur de normation pour les indicateurs environnementaux Compilation de données environnementales, étude n° 01-1009/1a rapport final, 31p, 27pp, (Juillet 2002).
- [55] **Leygonie, R.** Les métaux lourds dans l'air: sources, émissions, mesure, effets. Pollution Atmosphérique, 63-74pp, (1993).
- [56] **Harm, H.** Utilisation des jeunes poissons comme indicateurs de bioaccumulation des substances toxiques. Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier Toulouse, 222p, (1992)
- [57] **Angelier, E.** Ecologie des eaux courantes, Editions : TEC et DOC. 199p, 160pp, (2000)
- [58] **Bakhti, M-Z.** Couplage biosorption, filtration d'une biomasse mycélienne pour le traitement des eaux chargées en zinc. Thèse Magistère Ecole Nationale Polytechnique d'Alger 136p (2003).
- [59] **Chiffolleau, J-F.** La contamination métallique. Programme scientifique Seine-Aval IFREMER, 39p, (2001)
- [60] **Cossa, D. ; Lassus, P.** Le cadmium en milieu marin biogéochimie et écotoxicologie. Rapports scientifiques et techniques N° 16, IFREMER, 91p, (1998)
- [61] **Pichard, A.** Chrome et ses dérivés. I N E R I S - Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. DRC-01-05590-00DF253.doc., 79p, 12-15pp, (Décembre 2004).

- [62] Rodier, J. L'analyse de l'eau - eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, huitième Edition, DUNOD, Paris, 1383p,537-1220-1229pp, (1996).
- [63] Gallez, B. ; Demeure, R. ; Baudalet, C. ; Geurts, M. Evaluation par RMN de l'intoxication cérébrale par le manganèse LOUVAIN MED. 118: 165-168, (1999).
- [64] Ramade, F. Ecotoxicologie, collection d'écologie, deuxième Edition, MASSON, 224 p, 111-116pp, (1997).
- [65] Bounias, M. Traité de toxicologie générale du niveau moléculaire à l'échelle planétaire SPRINGER, 789p, 510-517 pp, (1999).
- [66] Ramade, F. Elément d'écologie écologie appliquée action de l'homme sur la biosphère, 446p, 214-216 pp, (1982).
- [67] Rapport sur l'état de l'environnement en Algérie (REE). Secrétariat d'état chargé de l'environnement, 425p, 221pp, (1999).
- [68] Bouhidel, K-E. Les métaux lourds dans l'environnement prévention et traitement de la pollution. Premier séminaire international sur l'environnement et ses problèmes connexes. Recueil de Résumés, 270p, 3pp, (Bejaia 5-7 Juin 2005).
- [69] Montiel, A. Contrôle de la pollution de l'eau, C4195, volume C8, Techniques de l'ingénieur- Traité Construction, 12p, (1999).
- [70] Grosclaude, G, L'eau usage et polluants Tome 2. Institut National de la Recherche Agronomique, 209p, (1999).
- [71] Position de l'Algérie vis-à-vis des traites internationaux dans le domaine de l'environnement. Direction de l'éducation environnementale et de l'action internationale, 6p, (Décembre 1996).
- [72] Quevauviller, P. Analyse dans l'environnement. P3800, volume P5, Techniques de l'ingénieur- Traité Analyse et Caractérisation, 2p, (2004).
- [73] Le Brun, O. Suivi des pollutions dans la zone côtière des îles sud-ouest de l'Océan Indien -Cahier technique GREEN-OI, 28p, (1997).
- [74] Lagadic, L. ; Caquet, T. ; Amiard, J-C. ; Ramade, F. Utilisation des biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Editions : TEC et DOC, LAVOISIER, 320p, (1998).
- [75] O.C.D.E. Indicateurs clés d'environnement de l'OCDE, Direction de l'Environnement de l'OCDE, Paris, 38p, (2004).
- [76] Indicateurs de Performance Environnementale. Document cadre Plan bleu, atelier sous-régional, Royaume du Maroc, ministère de l'aménagement du territoire de l'urbanisme, de l'environnement et de l'habitat, 18p, (Rabat, 24-26 Septembre 1998).

- [77] Colin, F. Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires cas de l'atrazine dans le bassin versant du Sousson (Gers, France) Thèse de Doctorat l'ENGREF. Spécialité : Sciences de l'Eau Montpellier, 255p, (2000).
- [78] N'Dah, E. Indicateurs de l'état de l'environnement pour l'Afrique de l'Ouest Développés dans le cadre du projet : Développement d'un cadre institutionnel et d'un réseau de données pour une évaluation intégrée et les rapports sur l'état de l'environnement en Afrique de l'Ouest- Réseau pour l'Environnement et le Développement Durable en Afrique - Network for Environment and Sustainable Development in Africa, 59p, (2002)
- [79] Des indicateurs pour des actions locales de maîtrise des pollutions de l'eau d'origine agricole : Eléments méthodologiques application aux produits phytosanitaires. Comité d'orientation pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement, 28p, (2003).
- [80] Thiollet-Scholtus, M. Construction d'un indicateur de qualité des eaux de surface vis-à-vis des produits phytosanitaires à l'échelle du bassin versant viticole Thèse Doctorat Institut National Polytechnique de Lorraine, 206p, (2004).
- [81] Brun, A. Les politiques territoriales de l'eau en France- Le cas des contrats de rivière dans le bassin versant de la Saône. Thèse de Doctorat. Institut national agronomique Paris Grignon, 376p, (2003).
- [82] Genin, B. ; Chauvin, C. ; Ménard, F. Cours d'eau et indices biologiques. Pollution-Méthodes- IBGN deuxième édition : EDUCAGRI, 126p, 24-33 pp, (2003).
- [83] Bouleau, G. Introduction a la qualité globale des cours d'eau. Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts, 19p, (Mai 2002)
- [84] Les outils d'évaluation de la qualité des cours d'eau (s.e.q.) principes généraux Document réalise par les agences de l'eau N° 72,16p, (Septembre 1999).
- [85] Roux, M. Finalité et outils pour l'évaluation de la qualité des milieux aquatiques N°81 Revue de l'agence de l'eau, pp6, (2001).
- [86] Simonet, F. Le nouveau système d'évaluation de la qualité de l'eau des rivières : le seq-eau N°81, Revue de l'agence de l'eau, pp9, (2001).
- [87] Pereira-Ramos L. Indicateurs d'altération de la qualité des eaux – dans : Mesures et environnement. Actes des septièmes journées du diplôme d'études approfondies sciences et techniques de l'environnement les 23-24-05, 1996 Paris. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, 141-148 pp, (1997).
- [88] Chalal H. Pollutions par les effluents liquides et les déchets. Rapport phase I (bilan et analyse). Plan d'Action National pour l'Environnement. Secrétariat d'état charge de l'environnement, 36p, 33pp, (1997).
- [89] Quevauviller, P. Métrologie en chimie de l'environnement Editions : TEC et DOC LAVOISIER, 200p, 67-82pp, (2001).

[90] Boeglin, J-C. Analyse des eaux résiduaires Mesure de la pollution, PE 4200, Volume P5 Technique de l'Ingénieur, Traité Analyse et caractérisation 30p, (1997).

[91] Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation. Dossier : spectrométrie d'absorption atomique. Axe " Génie des Procédés", centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Étienne, 43p (2000).

[92] Garnaud, S. Transfert et évolution géochimique de la pollution métallique en bassin versant urbain, Doctorat de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées Paris 375p, (1999)

[93] Règlement du service assainissement, ville de Caen, 6p. Délibéré et voté par le Conseil Municipal, (16 Décembre 1996).

[94] Lutte contre la pollution engendrée par les ateliers de traitements de surface, Direction de l'Environnement. Ministère de l'Intérieur, 36p, (Juin 1990).

ANNEXES

ANNEXE I.1 : Distribution de la population selon les communes.

Communes	Population	Pourcentage	Densité (hab. / km ²)
Boumerdès	39665	5.49	2060.51
Corso	15606	2.16	681.48
Tidjelabine	15750	2.18	380.61
Bordj Menaël	57295	7.93	585.83
Cap Djenet	21892	3.03	303.50
Lekhata	13149	1.82	264.56
Zemmouri	23842	3.30	429.58
Boudouaou	63002	8.72	1491.17
Boudouaou El Bahri	12643	1.75	876.16
Keddara	9031	1.25	207.60
Ouled Heddadj	26877	3.72	2640.17
Kharrouba	9080	1.25	124.98
Khemis El Khechna	65387	9.05	798.16
Larbatache	16834	2.33	319.43
Ouled Moussa	31501	4.36	1074.01
Hammadi	34030	4.71	1313.89
Dellys	30056	4.16	593.99
Afir	13727	1.90	227.34
Ben Choud	9464	1.31	499.41
Isser	30923	4.28	461.33
Chabet El Ameur	33235	4.60	453.53
Si Mustapha	9970	1.38	369.25
Timezrit	11704	1.62	508.86
Thenia	19507	2.70	468.91
Ammel	8607	0.01	151.86
Beni Amrane	22759	3.15	442.95
Souk El Had	5635	0.78	316.57
Baghlia	17267	2.39	285.16
Taourga	7730	1.07	286.29
Sidi Daoud	16112	2.23	253.33
Naceria	23192	3.21	378.45
Ouled Aïssa	6863	0.95	284.77
Total	722398	100	496.09

ANNEXE I.2.: Les stations d'épurations de la wilaya de Boumerdès.

Nom de la station	Population raccorder (hab.)	Capacité de traitement eq. / hab.	Débit moyen m ³ /j	Procède traitement	Lieu de rejet	Eau brute	Eau épurée	Rmq
Step Boumerdès Boumerdès Corso Tidjelabine	40000	75000	15000	BOUE ACTIVEE A FAIBLE CHARGE	OUED TATAREG	DBO5=270mg/l	DBO5=30mg/l	EN ETAT DE MARCHE DEPUIS JANVIER 2001
						DCO=330mg/l	DCO=90mg/l	
						MES=350mg/l	MES=30mg/l	
Step Zemmouri Zemmouri Zaatra	12000	25000	6300	BOUE ACTIVEE A FAIBLE CHARGE	OUED ARRARA	DBO5=270mg/l	DBO5=30mg/l	EN ETAT DE MARCHE DEPUIS JUIELLET 2002
						DCO=330mg/l	DCO=90mg/l	
						MES=350mg/l	MES=30mg/l	
Step Thenia Thenia	25000	35000	8000	BOUE ACTIVEE A FAIBLE CHARGE	OUED BOUFROUN	DBO5=270mg/l	DBO5=30mg/l	EN ETAT DE MARCHE DEPUIS JENVIER 2002
						DCO=330mg/l	DCO=90mg/l	
						MES=350mg/l	MES=30mg/l	
Step Beghlia Baghlia	7000	3000	15000	BOUE ACTIVEE A FAIBLE CHARGE	OUED SEBAOU	DBO5=270mg/l	DBO5=30mg/l	EN ARRET DEPUIS 1987
						DCO=330mg/l	DCO=90mg/l	
						MES=350mg/l	MES=30mg/l	

ANNEXE I.3 : Répartition des industries par branche et par commune

Commune Branche ind.										Total	Pourcentage %
	Boumerdès	Boudouaou	Bordj Menaël	Isser	Thenia	Kemis El Khechna	Dellys	Baghlia	Naceria		
AGROALIMENTAIRE ET BOISSONS	4	12	8	3	6	12	3	7	3	58	21.09
METALLIQUES MECANIQUE ET ENERGIE	5	3	4	2	1	6	1	3	1	26	9.45
CHIMIQUE ET PHARMACEUTIQUE	2	5	3	-	1	7	2	1	-	21	7.63
TEXTILE ET TRANS. DU CUIR	3	2	4	3	2	5	1	-	3	23	8.36
MINES ET MAT. DE CONSTRUCTION	5	8	4	3	7	-	1	1	-	29	10.54
TRANS. BOIS	1	7	16	8	3	4	5	7	2	53	19.27
DIVERS	4	15	14	8	5	7	5	5	2	65	23.63
TOTAL	24	52	53	27	25	41	18	24	11	275	100
POURCENTAGE %	8.72	18.90	19.27	9.81	9.09	14.90	6.54	8.72	4.00	100	

ANNEXE I.4 : Liste des principales unités industrielles de la wilaya de Boumerdès (liste non exhaustive).

Nom de l'unité industrielle	Localisation	Type d'activité	Volume rejeter m ³ /j	Lieu de rejet	Type de rejet
ONAB	CORSO	AVICULTURE	64	OUED CORSO	BRUT
ERAD	CORSO	PATTE ALIMENTAIRE	240	CHAABA	BRUT
ENAFROID	CORSO	CONSERVATION	8	CHAABA	BRUT
EPRC	CORSO	BRIQUETERIE	26,4	CHAABA	BRUT
CERAMIQUE	TIDJELABINE	CERAMIQUE	240	CHAABA	BRUT
ONEX	TIDJELABINE	EXPLOSIFS	24	OUED SIDI YAHIA	BRUT
SOCOTHYD	ISSER	COTONS, GAZ	80	OUED ISSER	BRUT
SAEG	ISSER	GALVANISATION	20	OUED ISSER	BRUT
TMI	ISSER	TEXTILE	1,6	OUED ISSER	BRUT
ARGILEX	ISSER	FAIENCE	5	OUED DJEMAA	RECYCLER
CIMENTERIE	ISSER	FAIENCE	20	OUED ISSER	BRUT
UNITE CERAMIQUE	ISSER	FAIENCE	20	OUED ISSER	DECANTATION
ENAPEM	SI- MUSTAPHA	ENROBAGE	8	OUED ISSER	BRUT
SONARIC	SI- MUSTAPHA	APPAREIL ELECTO-MENAGER	8	OUED ISSER	BRUT
DICLOFEX	NACIRIA	FABRICATION FLEXIBLE	1,6	RESEAU PUBLIC	BRUT
MANUCA	NACIRIA	FABRICATION CHAUSSURE	1,6	RESEAU PUBLIC	BRUT
NEW SHOIX INDUS	NACIRIA	FABRICATION CHAUSSURE	1,6	RESEAU PUBLIC	BRUT
SOFABG	BORDJ MENAEL	FABRICATION BOISSON	19	RESEAU PUBLIC	BRUT
BCR	BORDJ MENAEL	COUPELLERIE	160	OUED MENAEL	BRUT

Nom de l'unité industrielle	Localisation	Type d'activité	Volume rejeter m ³ /j	Lieu de rejet	Type de rejet
HUILERIE COOPOLIVE	BENI AMRANE	OLEICULTURE	8	CHAABA	BRUT
HUILERIE ZAMMOUM	BENI AMRANE	OLEICULTURE	8	Oued ISSER	BRUT
HUILERIE BATATA M.	BENI AMRANE	OLEICULTURE	8	CHAABA	BRUT
HUILERIE BATATA B.	BENI AMRANE	OLEICULTURE	8	CHAABA	BRUT
HUILERIE HADAD	BENI AMRANE	OLEICULTURE	8	CHAABA	BRUT
HUILERIE DERRICH	BENI AMRANE	OLEICULTURE	8	Oued ISSER	BRUT
UNITE CARRELAGE	BAGHLIA	MATERIAUX	300	Oued SEBAOU	BRUT
UNITE ERIAD	BAGHLIA	SEMOULERIE	320	Oued SEBAOU	BRUT
ORLAC	BOUDOUAOU	PRODUIT LAITIER	650	Oued BOUDOUAOU	FILTRATION
SARL CHOCOLATERIE	BOUDOUAOU	CONFISERIE	4	Oued BOUDOUAOU	BRUT
LABO PHARMACEUTIQUE ALGER	BOUDOUAOU	PRODUIT PHARMACEUTIQUE	28	Oued BOUDOUAOU	TRAITE
EPRC	BOUDOUAOU	BROYAGE DE CAILLOUX ET MINERAIS	3	Oued BOUDOUAOU	BRUT
JSK	BOUDOUAOU	PRODUIT PHARMACEUTIQUE	300	Oued BOUDOUAOU	-
THERALIA PRODUCTION	KEMIS EL KECHNA	PRODUIT PHARMACEUTIQUE	40	RESEAU PUBLIC	BRUT
INOF	BOUDOUAOU	BROYAGE DE CAILLOUX ET MINERAIS	10	CHAABA	BRUT
FRUITAL	KEMIS EL KECHNA	BOISSON	400	Oued HAMIZ	BRUT
ETABLISSEMENT LOUETERI	BOUDOUAOU	FABRICATION TEXTILE	8	RESEAU PUBLIC	BRUT

ANNEXE I.5 : Classification des eaux résiduaires industrielles [25].

ERI contenant principalement des constituants inorganiques	ERI contenant principalement des constituants organiques	ERI comprenant des constituants organiques et minéraux
<p>Mines et installations de traitement</p> <p>1 - Minerais 2 - Charbons, lignites 3 - Ardoisières 4 - Sel gemme</p> <p>Industries transformatrices :</p> <p>1 - Laminage 2 - Décapage 3 - Galvanoplastie</p> <p>Industries chimiques :</p> <p>1 - Fabriques d'acides de bases 2 - Fabriques de chlore, de potasse 3 - Soudières 4 - Fabrique de sulfures 5 - Engrais artificiels 6 - Poudreries 7 - Fabrique de fluor 8 - Fabrique d'acétylène</p>	<p>Industries alimentaires :</p> <p>1 - Sucreries 2 - Féculeries 3 - Laiteries, fromageries 4 - Margarinerie (graisses, huiles, suif) 5 - Conserveries 7-Abattoirs</p> <p>Industries chimiques organiques :</p> <p>1 - Produits de synthèse et pharmaceutiques 2 - Raffinerie, pétrochimie 3 - Insecticides, pesticides 4 - Caoutchouc, polymère, synthèse</p> <p>Entreprises de transformation :</p> <p>1 - Fabrique de pectine 2 - Boyauderies industrielles 3 -équarrissage (poudre de sang, os...) 4 - Fabrique de poudre de poisson</p> <p>Industries de traitement des combustibles :</p> <p>1 - Carbonisation du bois 2 - Lavoires à charbon, fabrication de briquettes 3 - Usines à gaz, cokeries, distilleries de goudron, hydrogénation 4 - Industries pétrolières</p>	<p>Industries de la cellulose du papier :</p> <p>1 - Fabriques de pâte de bois 2 - Fabriques de cellulose 3 - Papeteries, cartonneries</p> <p>Industries textiles :</p> <p>1-fabrique (coton, synthétique, fibranne 2 - Laveries de laine 3 - Blanchiment du coton 4 - Fabriques de toile, teinturerie, entreprises annexes 5 - Blanchisseries</p> <p>Fabriques de cuir, colle, gélatine :</p> <p>1 - Tanneries 2 - Fabrique de colle 3 - Fabrique de gélatine</p> <p>Fabriques de matières plastiques</p> <p>Industries photographiques</p>

ANNEXE I.6: Classification des ERI par grandes branches industrielles avec mise en évidence de l'origine et des caractéristiques principales des rejets [25].

Branches industrielles, fabrications	Origine des principaux effluents polluants	Caractéristiques principales des rejets
Industries agricoles et alimentaires Conserves de légumes et fruits Conserves de viande Aliments pour le bétail Laiteries Boissons non alcoolisées Huileries, margarineries	Nettoyage, pressage, blanchissage et étuvage de fruits et légumes Abattoirs, graisses et eaux de lavage Rejets de centrifugation, de presse, rejets d'évaporation et résidus d'eaux de lavage Dilutions de lait entier, de lait écrémé, de sérum Forte concentration en matières organiques Lavage de bouteilles, nettoyage du plancher et du matériel, rejet des bacs de stockage de sirop Extraction et raffinage	Teneur élevée en MES, matières organiques dissoutes, pH parfois alcalin, amidon. Forte concentration en matières organiques dissoutes et en suspension (sang, protéines) graisses, Na Cl Pollution organique très élevée, biodégradable, odeurs, solvants. Forte concentration en matières organiques dissoutes principalement protéines, lactose, graisses Alcalinité élevée, teneur en matières en suspension, détergents, DBO Matières grasses, acidité et salinités fortes, teneur élevée en matières organiques
Industrie textile Blanchisserie Fabrication des fibres Préparation des fibres	Lavage de tissus Fibres synthétiques, viscoses, polyamides, polyesters, vinyliques Lavage, débouillissage, blanchiment, teinture, impression et apprêt, peignage de la laine	Teneur élevée en alcalinité et en matières organiques ; détergents Présence de solvants, produits d'enzymage, colorants, eaux neutres chargées de matières organiques Matières en suspension élevées ou moyennes, eaux alcalines ou acides, matières organiques (DCO) très élevées et variables, colorants, produits chimiques
Industries chimiques et de synthèse Colorants de synthèse	Colorants aniliques et nitrés	Eaux fortement acides, phénols, dérivés nitrés, DCO

Caoutchouc et polymères de synthèse	Lavage du latex, caoutchouc coagulé, élimination des impuretés du caoutchouc brut et des produits de formulation	élevés Teneur élevée en matière en suspension, pH variable, teneur élevée en chlorures et DCO
Explosifs	Lavage de trinitrotoluène (TNT) et de coton-poudre pour purification	Couleur, acides, odeurs, teneur en acides organiques, en alcools et dérivés cellulose, forte DCO
Synthèses organiques diverses	Composés chloroacétyléniques, alcools, aldéhydes, esters	Alcalinité ou acidité élevée, forte teneur en matières organiques
Industries diverses		
Industrie mécanique	Usinage, rectification, polissage, ponçage	Graisses, huiles, produits d'abrasion, huiles solubles, eaux neutres
Traitement de surfaces métalliques	Décapage, phosphatation, revêtements électrolytiques, anodisation, peinture, électrophorèse	Eaux acides ou alcalines, chromatées cyanurées, fluorées, chargées de produits d'attaque, (Fe, Cu, Al,) pigments, tensioactifs
Verre et miroiterie	Polissage et nettoyage du verre, bains d'argenture	Couleur rouge, matières en suspension alcalines non décantables. Argent

ANNEXE I.7: Nature des rejets et leurs impacts [27].

Types de pollution	Impact sur le milieu naturel
<p>Pollution insoluble</p> <p>Phase polluante solide (minérale et/ou organique) :</p> <ul style="list-style-type: none"> — débris grossiers — matières en suspension — matières non colloïdales — matières colloïdales <p>Phase polluante (organique) :</p> <ul style="list-style-type: none"> — non dispersée — dispersée (émulsion) 	<p>Nuisances esthétiques</p> <p>Dépôt de sédiments</p> <p>Diminution de la photosynthèse</p> <p>Diminution des transferts d'oxygène</p>
<p><u>pollution soluble</u></p>	
<p>Pollution de nature minérale :</p> <ul style="list-style-type: none"> — acidité ou basicité — oxydants ou réducteurs (chromates, cyanures, sulfures...) — sels toxiques (métaux lourds : Cu, Pb, Zn, Cd, Hg...) — formes minérales de l'azote (ammonium, nitrites, nitrates) et du phosphore (phosphates) <p>Pollution de nature organique :</p> <ul style="list-style-type: none"> — biodégradable Consommation de l'oxygène dissous — non biodégradable — formes organiques de l'azote (urée) et du phosphore — substances toxiques (phytosanitaires, hydrocarbures polycycliques aromatiques, composés phénolés...) 	<p>Toxicité aiguë entraînant une mortalité rapide</p> <p>Toxicité différée par bioaccumulation (troubles du métabolisme des espèces)</p> <p>Eutrophisation : prolifération surabondante d'algues, toxicité</p> <p>Consommation de l'oxygène dissous (mortalité des poissons par asphyxie)</p> <p>Contamination des chaînes trophiques</p> <p>Eutrophisation (déséquilibre de l'écosystème, altération de la qualité de l'eau)</p> <p>Toxicité a long terme (trouble de la reproduction des espèces)</p>
<p>Pollution thermique</p>	<p>Diminution de l'oxygène dissous, modifications de l'écosystème</p>
<p>Pollution micro biologique</p>	<p>Présence de germes pathogènes et de virus, dangereux pour l'homme et les animaux (épidémies)</p>

ANNEXE II.1 (a) : Pressions anthropiques sur l'environnement marin [42].

Pression	Substance ou activité en cause	Principales sources anthropiques	Effets possibles
Déchet entrant dans les océans	Nutriments	Eaux usées: Agriculture, Aquaculture ; industrie	Eutrophisation
	Organismes pathogènes	Eaux usées, Agriculture	Maladies et infections
	Pétrole	Industrie: Eaux usées; navigation; Automobiles; effluents urbains	Mazoutage d'oiseaux pollution des fruits de mer; pollution des plages.
	Composés organiques de synthèse	Industrie : eaux usées, agriculture, exploitations forestières,	Troubles du métabolisme
	Déchets radioactifs	Essais d'armes nucléaires, traitements des combustibles mer, accident des centrales nucléaires	Troubles du métabolisme
	Métaux en trace	Industrie: eaux usées; décharge en mer, automobiles	Troubles du métabolisme
	Matières plastiques et détritiques	Dépôts sauvages; déchets de navigation; matériel de pêche perdue	Faune empêtrée troubles digestifs
Réaménagement du milieu	Déchets solides (organiques et non organiques)	Eaux usées; décharge en mer; industrie	Désoxygénation Colmatage habitats
	Aménagement des côtes	Dragage; développement industriel, résidentiel et touristique.	Dévalorisation esthétique disparition des habitats
Exploitation des ressources	Pêches des poissons, mollusques et de crustacés	Activités halieutiques	Appauvrissement des stocks : Modification des écosystèmes
	Exploitation pétrolière	Forage; accident	Pollution par le pétrole et les produits chimiques.
	Exploitation minière	Dragage, évacuation de stériles ; extraction	Altération de la qualité des eaux, érosion côtière
Incidence du changement climatique	Dioxyde de carbone. CFC; autre effet de serre	Production d'énergie; transport agriculture industrie	Elévation du niveau de la mer diminution de la productivité océanique

ANNEXE II.1. (b) : Liste de polluants à contrôler pour le milieu marin [43].

Liste noire	Liste grise
Cadmium et mercure (et leurs composée) Composés organiques de synthèse (organohalogénés, comme les PCB, organophosphorés et organostanniques) Huiles lubrifiantes usagées Matières synthétiques permanentes Matière et déchets radioactifs Substances à pouvoir cancérigène ou mutagène (par ex. certains hydrocarbures aromatiques polycycliques HAP)	Autres métaux lourds (par ex. plombs et métalloïdes) Cyanures et fluorures Composés organosiliciés Biocides et leurs dérivés Pétrole brut Hydrocarbures de toutes origines Détergents et autres substances tensioactives non biodégradables Micro-organismes pathogènes Nutriments pouvant être à l'origine d'une eutrophisation
d'après le protocole dit tellurique du 7 mai 1980, à la convention de Barcelone pour la Méditerranée.	

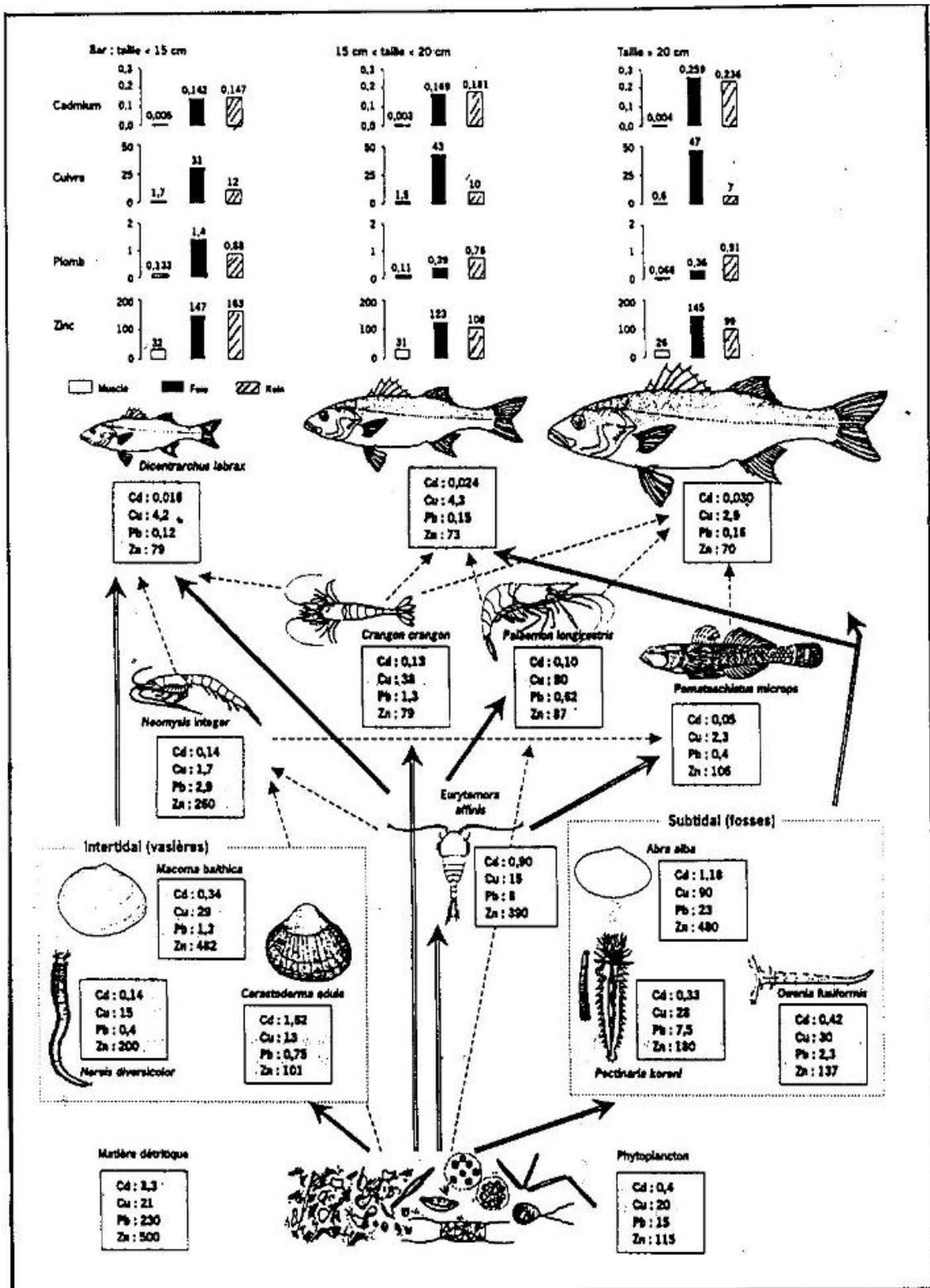
ANNEXE II. 2 : Comparaison de critères de classifications des substances chimiques entre divers instruments internationaux [47]

Type de critère	Critères quantitatifs pour le protocole d'Århus	Critères quantitatifs pour la convention de Stockholm	Union Européenne PBT (persistant bioaccumulable et toxique)	Union Européenne VPVB (« very persistant and very bioaccumulable»)
Potentiel de propagation à longue distance	- Pression de vapeur < 1000 Pa et Période de demivie dans l'atmosphère > 2 j. - Données attestant de la présence en des lieux éloignés des sources	- Données attestant de la présence en des lieux éloignés des sources - Données de surveillance indiquant une propagation à longue distance par l'air, l'eau ou les espèces migratrices - Résultats de modèles montrant que la substance peut être propagée dans l'environnement	Non applicable	Non applicable
Toxicité (santé humaine ou environnement)	- pas de critère quantitatif	- pas de critère quantitatif (« preuves d'effets nocifs », « données de toxicité ou d'écotoxicité »...)	NOEC chronique <0,01 mg/l ou CMR ou perturbateurs endocrinien	Non applicable
Persistance	Période de demivie dans l'eau > 2 mois - Période de demivie dans le sol ou les sédiments > 6 mois - Autre preuve que « la substance est suffisamment persistante »	- Période de demivie dans l'eau > 2 mois - Période de demivie dans le sol ou les sédiments > 6 mois - Autre preuve que « la substance est suffisamment persistante »	Demi-vie > 60 jours dans l'eau de mer ou >40 jours dans les eaux douces ou demi-vie >180 jours dans les sédiments marins ou > 120 jours dans les sédiments d'eaux douces	Demi-vie > 60 jours dans les eaux douces ou marines ou > 180 jours dans les sédiments marins ou d'eaux douces
Bioaccumulation	- Facteur de bioaccumulation > 5000 - log Kow > 5	- Facteur de bioaccumulation > 5000 - log Kow > 5 - « Autres motifs de préoccupation » ou données provenant de la surveillance des biotas indiquant un potentiel de bioaccumulation	Facteur de bioconcentration > 2000	Facteur de bioconcentration > 5000

ANNEXE II.3: Liste des éléments essentiels et non essentiels et exemples de propriétés des éléments connus pour leur essentialité [49]

Métaux essentiels	Propriétés connues
Chrome (Cr)	Impliqué dans le métabolisme du glucose (insuline)
Cobalt (Co)	Présent dans la vitamine B12 intervenant dans la formation de l'hémoglobine
Cuivre (Cu)	Présent dans les cytochromes et l'hémocyanine, des molécules impliquées dans la respiration cellulaire
Fer (Fe)	Présent dans l'hémoglobine pour le transport de l'oxygène Iode (I) Présent dans la thyroxine et lié aux composants assurant le bon fonctionnement du système thyroïdien
Manganèse (Mn)	Rôle dans le métabolisme des sucres (pyruvate carboxylase) Impliqué dans la synthèse des acides gras et des glycoprotéines
Molybdène (Mo)	Impliqué dans les transferts d'électrons La fixation de l'azote est aussi couplée à une réaction au molybdène
Nickel (Ni)	Composant de l'uréase et fait donc partie du cycle du CO ₂
Sélénium (Se)	Active la glutathion peroxydase pour l'élimination des radicaux libres
Vanadium (V)	Régulation des messages intracellulaires Cofacteur d'enzymes impliquées dans le métabolisme énergétique Agent thérapeutique possible pour les diabètes
Zinc (Zn)	Nécessaire au fonctionnement des déshydrogénases, aldolases, isomérases, transphosphorylases, ARN et ADN polymérase, anhydrase carbonique, Cu-Zn superoxyde dismutase (et autres)
Métaux non essentiels : Antimoine (Sb) ; Argent (Ag) ; Arsenic (As) ; Cadmium (Cd) ; Etain (Sn); Mercure (Hg) ; Plomb (Pb) ; Thallium (Tl)	

ANNEXE II.4 : La contamination métallique des chaînes trophiques du milieu marin [59].



ANNEXE II.5 : Protocoles internationaux.

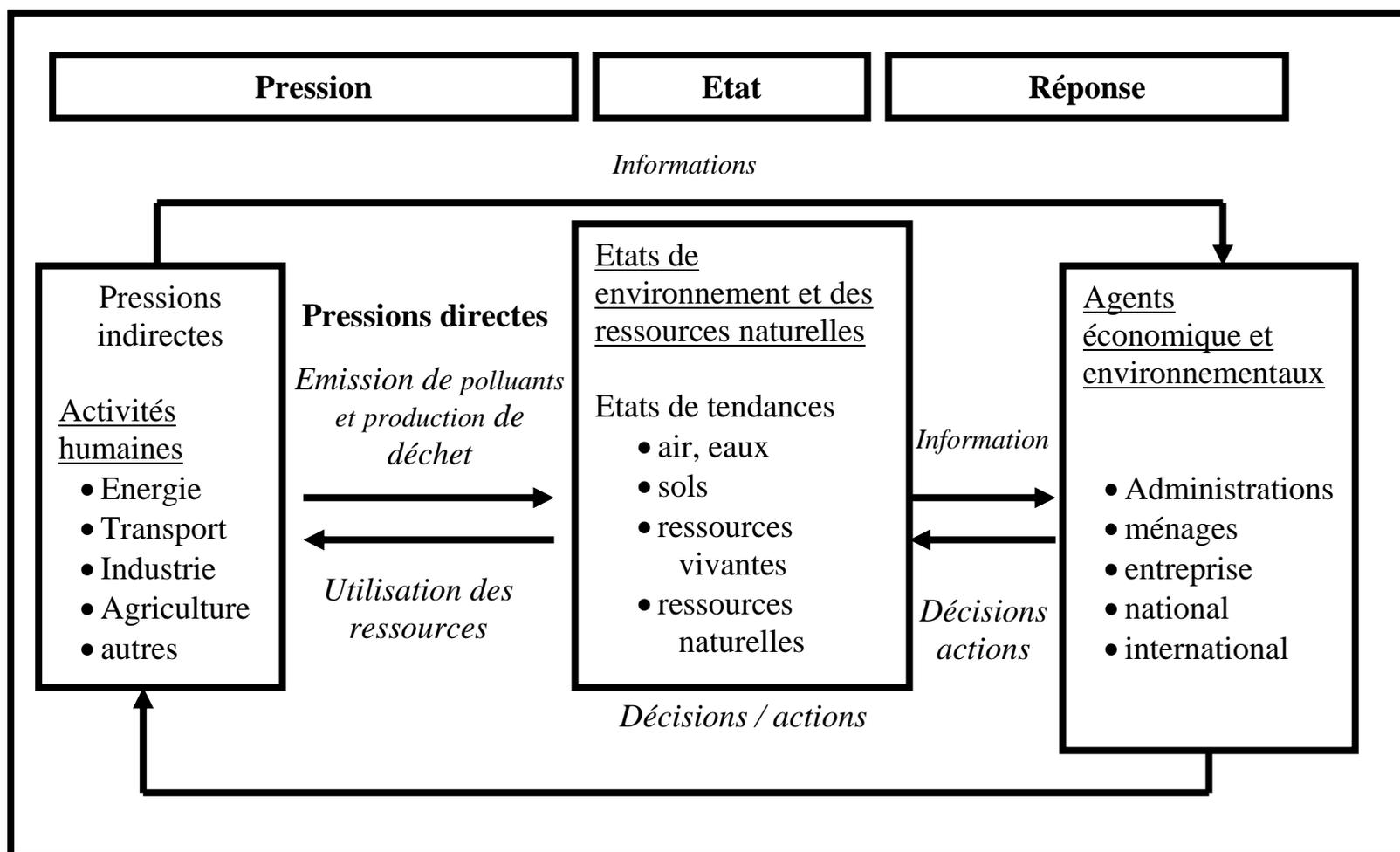
Les conventions et traités internationaux	Lieu et date	Position vis-à-vis De la réglementation Algérienne
<ul style="list-style-type: none"> -Convention international pour la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures -Accord relatif à la création d'un conseil général des pêches pour la méditerranée -Convention international sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures -Convention international portant création d'un fonds international d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures -Convention pour la protection de la méditerranée contre la pollution -Protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs -Protocole relatif à la coopération en matière de lutte contre la pollution de mer la méditerranée par les hydrocarbures et substances en cas de situation critique -protocole relatif à la protection de la mer méditerranée contre la pollution tellurique -Convention international pour la prévention de la pollution par les navires -Protocole de 1978 relatifs à la convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires -Traité interdisant de placer des armes nucléaires et d'autres armes de destruction massive sur le fond des mers et des océans ainsi que dans leur sous-sol -Protocole concernant les aires spécialement protégées et la diversité biologique en méditerranée 	Adoptée le 12.05.1954 Londres	Adhésion le 11.09.1963
	Adopté le 24.09.1949 Rome	Acceptation le 11.12.1967
	Adoptée le 29.11.1969 Bruxelles	Ratification le 07.06.1972
	Adoptée le 18.12.1971 Bruxelles	Ratification le 13.05.1974
	Adoptée le 16.02.1976 Londres	Adhésion le 26.01.1980
	Adoptée le 16.02.1976 Barcelone	Ratification le 17.01.1981
	Adoptée le 16.02.1976 Barcelone	Ratification le 17.01.1981
	Adoptée le 17.05.1980 Athènes	Adhésion le 11.12.1982
	Adoptée le 02.09.1973 Londres	Adhésion le 31.05.1988
	Adoptée le 17.02.1978 Londres	Adhésion le 31.05.1988
	Adoptée le 11.02.1971 Londres, Moscou, Washington	Adhésion le 28.09.1991
	Adopté le 10.06.1995 Barcelone	signature le 10.06.1995

<p>-Convention des Nations Unies sur le droit de la mer</p> <p>-Protocole concernant la prévention de la pollution de la mer méditerranée par les mouvements transfrontière de déchets dangereux et leur élimination.</p> <p>-Protocole de 1992 modifiant la convention internationale de 1969 sur la responsabilité civile pour les dommages les hydrocarbures.</p> <p>-Protocole de 1992 modifiant la convention internationale de 1971 portant création d'un fonds international d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures.</p>	<p>Adoptée le 10.12.1982 Montégo Bay</p> <p>Adoptée le 01.10.1996 Izmir</p> <p>Adopté le 27.11.1992 Londres</p> <p>Adopté le 27.11.1992 Londres</p>	<p>Ratification le22.01.1996</p> <p>Signature le01.10.1996</p> <p>Ratification le18.04.1998</p> <p>Ratification le18.04.1998</p>
---	---	--

ANNEXE II. 6 : Lois Algériennes sur les eaux et les eaux continentales

Lois et décrets	Thèmes
Loi n° 83-03 du 5 février 1983	Relative à la protection de l'environnement
Loi n° 83-17 du 16 juillet 1983	Portant code des eaux
Ordonnance n° 96-13 du 15 juin 1996 modifiant et complétant la loi n° 83-17	Portant code des eaux
Loi n°01-20 du 12 décembre 2001	Relative à l'aménagement et au développement durable du territoire
Loi n° 02-02 du 5 février 2002	Relative à la protection et à la valorisation du littoral
Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003	relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable
Décret n° 83-580 du 22 octobre 1983	portant obligation de signalement aux capitaines de navires transportant des marchandises dangereuses, toxiques ou polluantes en cas d'événement en mer
Décret n° 87-91 du 21 avril 1987	relatif à l'étude d'impact d'aménagement du territoire
Décret n° 88-228 du 5 novembre 1988	définissant les conditions, procédures et modalités d'immersion de déchets susceptibles de polluer la mer, effectuées par les navires ou aéronefs
Décret exécutif n° 90-78 du 27 février 1990	relatif aux études d'impact sur l'environnement
Décret exécutif n° 93-160 du 10 juillet 1993	réglementant les rejets d'effluents liquides industriels
Décret exécutif n° 93-163 du 10 juillet 1993	portant institution d'un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles
Décret exécutif n° 93-164 du 10 juillet 1993	définissant la qualité requise des eaux de baignade
Décret exécutif n° 94-279 du 17 septembre 1994	portant organisation de la lutte contre les pollutions marines et institution de plans d'urgence
Décret présidentiel n° 95-290 du 30 septembre 1995	portant création d'un centre national et des centres régionaux des opérations de surveillance et de sauvetage en mer
Décret exécutif n° 95-323 du 21 octobre 1995	réglementant l'exploitation des ressources corallifères.
Décret présidentiel n°98-232 du 18 juillet 1998	portant création du Haut Conseil de la mer et fixant ses missions, son organisation et son fonctionnement
Décret exécutif n° 98-339 du 3 novembre 1998	définissant la réglementation applicable aux installations classées et fixant leur nomenclature
Décret exécutif n° 99-253 du 7 novembre 1999	portant composition, organisation et fonctionnement de la commission de surveillance et de contrôle des installations classées portant création du Centre National des Technologies de Production plus Propre.
Décret exécutif N°02-262 du 17 août 2002	

ANNEXE III.1 : Le modèle Pression - État - Réponse (P-E-R) de l'OCDE [76]



ANNEXE III.2 : Tableaux des différents paramètres décrivant l'altération

Altérations	Commentaires	Paramètres décrivant l'altération
Matières organiques et oxydables	Polluants dont la dégradation consomme l'oxygène dissous dans l'eau	oxygène dissous ; taux de saturation en oxygène ; demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO5) ; demande chimique en oxygène (DCO) ; carbone organique dissous (COD) ; ammonium (NH ₄ ⁺) ; azote Kjeldahl (NKJ)
Matières azotées	Nutriments pour les végétaux, toxiques pour les poissons	Ammonium (NH ₄ ⁺) ; azote Kjeldahl (NKJ) ; nitrites (NO ₂ ⁻)
Matières phosphorées	Nutriments pour les végétaux	Phosphore total ; ortho phosphates (PO ₄ ³⁻)
Particules en suspension	Altèrent la respiration des animaux aquatiques, réduisent l'apport d'énergie lumineuse, indésirable dans de nombreux usages	turbidité ; matières en suspension ; transparence
Couleur	-	couleur
Température	trop élevée, elle perturbe la vie des poissons	température
Minéralisation	Conditionne de nombreux équilibres chimiques	conductivité; chlorures; sulfates; calcium; magnésium; sodium; potassium; dureté; TA ; TAC
Acidification	Conditionne de nombreux équilibres chimiques	pH ; Aluminium
Micro-organismes pathogènes	Sources d'infections pour l'homme Phytoplancton	Chlorophylle a + phéopigments ; pH ; taux de saturation en O ₂
<u>Micro-polluants minéraux sur eau brute</u>	<u>Métaux lourds toxiques</u>	arsenic; cadmium; chrome total; cyanures; nickel; mercure; cuivre; plomb; zinc
Métaux sur bryophytes	Les mousses stockent les métaux lourds, indication sur la durée de la pollution	arsenic ; cadmium ; chrome ; nickel ; mercure ; cuivre ; plomb ; zinc
Pesticides sur eau brute	Indésirables pour l'eau potable, pollution d'origine agricole	total pesticides; linuron ; isoproturon; carbendlindane ; diuron ; chlordane ; simazine ; atrazine... (36 substances)
Micro-polluants organiques hors pesticides sur eau brute	Indésirables pour l'eau potable, pollution d'origine industrielle	HAP ; PCB... (63 substances)

ANNEXE III.3 : Les potentialités de l'eau.

Bleu	Potentialité de l'eau à héberger un grand nombre de taxons polluo-sensibles, avec une diversité satisfaisante,
Vert	Potentialité de l'eau à provoquer la disparition de certains taxons polluo-sensibles avec une diversité satisfaisante
Jaune	Potentialité de l'eau à réduire de manière importante le nombre de taxons polluo-sensibles avec une diversité satisfaisante
Orange	Potentialité de l'eau à réduire de manière importante le nombre de taxons polluo-sensibles avec une réduction de la diversité
Rouge	Potentialité de l'eau à réduire de manière importante le nombre de taxons polluo-sensibles ou à les supprimer avec une diversité très faible

ANNEXE III.4 : Classes et indices de qualité de l'eau par altération

<i>Classe de qualité</i> →		Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge
<i>Indice de qualité</i> →		80	60	40	20	
12 MPMI - MICROPOLLUANTS MINERAUX SUR EAU BRUTE (unité : µg/l)						
Cadmium (µg/l)						
Dureté faible		0,001	0,01	0,1	0,37	
Dureté moyenne		0,004	0,04	0,37	1,3	
Dureté forte		0,009	0,09	0,85	3	
Chrome total (µg/l)						
Dureté faible		0,04	0,4	3,6	50	
Dureté moyenne		0,18	1,8	18	50	
Dureté forte		0,36	3,6	36	50	
Cuivre (µg/l)						
Dureté faible		0,017	0,17	1,7	2,5	
Dureté moyenne		0,1	1	10	15	
Dureté forte		0,27	2,7	27	40	
Nickel (µg/l)						
Dureté faible		0,25	2,5	20	40	
Dureté moyenne		0,62	6,2	23	40	
Dureté forte		1,2	12	26	40	
Plomb (µg/l)						
Dureté faible		0,21	2,1	21	50	
Dureté moyenne		0,52	5,2	27	50	
Dureté forte		1	10	30	50	
Zinc (µg/l)						
Dureté faible		0,23	2,3	23	52	
Dureté moyenne		0,43	4,3	43	98	
Dureté forte		1,4	14	140	330	
Conductivité (µS/cm)						
	min	180	120	60	0	
	MAX	2500	3000	3500	4000	
pH						
	min	6,5	6,0	5,5	4,5	
	MAX	8,2	9	9,5	10	
MES (mg/l)		2	25	38	50	

ANNEXE III.5 : Les réalisations de l'entreprise BCR par type de qualité fabriqué et par mois en 2005.

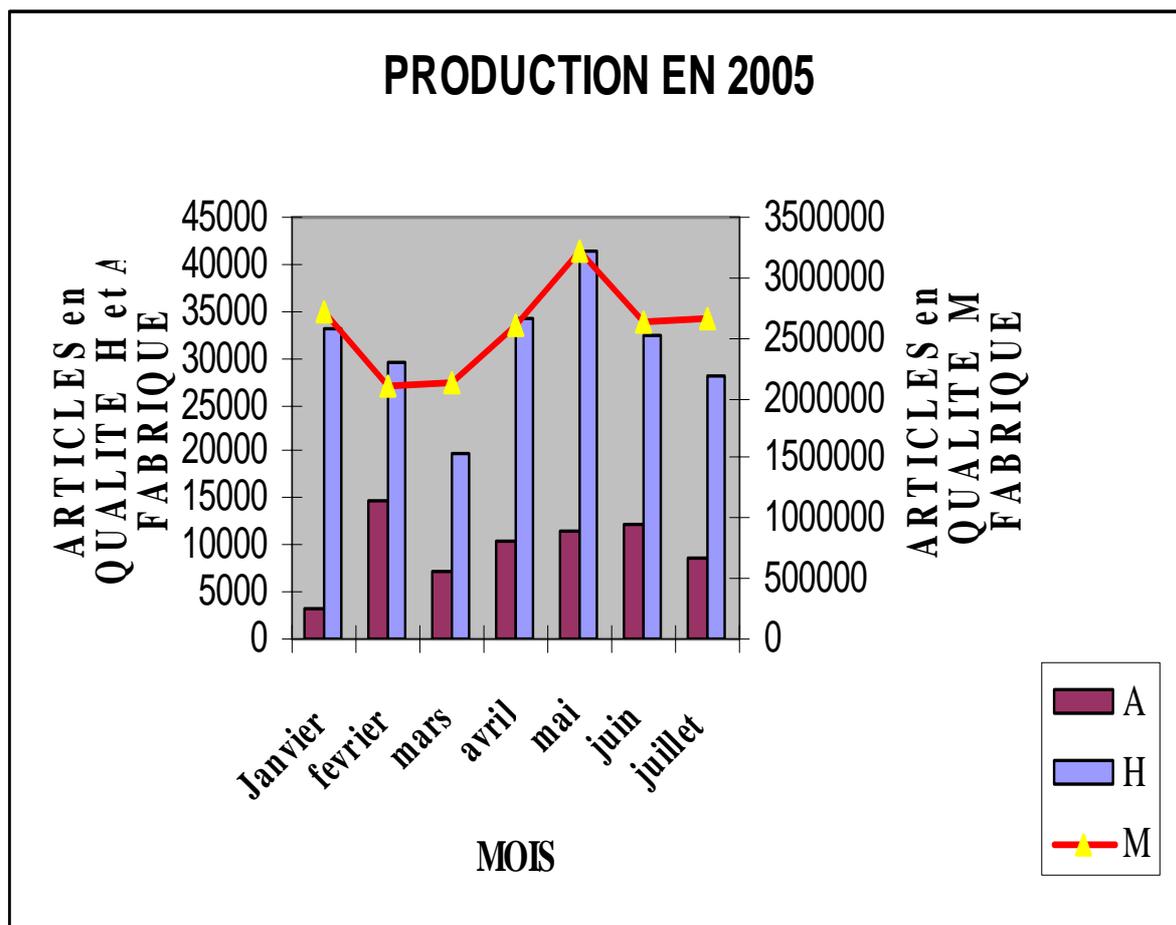


Tableau : Détail de la production des ateliers BCR

MOIS	REPARTITION DE LA PRODUCTION -BCR 2005-		
	Produit A	Produit H	Produit M
JANVIER	3233	33286	2712869
FEVRIER	14881	29558	2107687
MARS	7154	19773	2121299
AVRIL	10405	34324	2604010
MAI	11523	41223	3209105
JUIN	12290	32411	2627758
JUILLET	8582	28192	2667392

Produit A : Argentée (de luxe)

Produit H : Orfèvre (de bonne qualité)

Produit M : Ménager (grande diffusion)

ANNEXE IV.1 : Description des sites de prélèvements.

* Le polissage est une des étapes du processus de fabrication des articles « H » et « A » c'est un nettoyage et un avivement des surfaces des articles et cela en utilisant une pâte abrasive injectée dans un bras rotatif 1800 tours/minutes munie d'une brosse en coton ou sisal.

* la vibro-chimica est une étape de fabrication du produit « M », qui est un nettoyage c'est lavage mécanique et chimique en additionnant de l'acide tartrique $C_4H_4O_6$ et des billes en inox de 0.5mm de diamètre, plus de l'ISIS dans une cuve rotative pendant 10 minutes pour leurs donner lustre et brillance (avivage).

* L'argenture : C'est une étape finale réalisée que sur les articles de qualité « A », composée de plusieurs bains que le produit subit pour acquérir une fine couche d'argent, les étapes sont les suivantes :

1- Un dégraissage chimique et ultrason (bain basique) : avec ajout du produit (PRESOL : la soude caustique et de la metassilicate de dissodium) diluer à 50g/l plus un agent tensioactif à 5ml/l, la contenance du bain est de 1400 L, à une température de 60°C pendant 12 minutes.

2- Un bain électrolytique (bain basique) : avec ajout du produit (PRESOL) diluer à 75g/l plus un agent tensioactif, sous une intensité de 5 - 10 A/ dm² la contenance du bain est de 1400 L, à une température de 50°C pendant 4 minutes, suivie d'un rinçage récupérer 1-2 minutes et d'un rinçage courant d'une minute 30 secondes.

3- Un décapage (bain d'attaque) : à l'acide chlorhydrique HCl dilué à 17% le temps d'immersion est d'une minute 30 secondes, la contenance du bain est de 1200 L, à une température ambiante, suivie d'un rinçage récupérer 1-2 minutes et d'un rinçage courant d'une minute 30 secondes.

4- Un nickelage (bain acide) : chlorure de nickel $NiCl_2$ et l'acide chlorhydrique HCl pur à 37%. Le bain d'une contenance de 1160 L devra avoir une concentration de 60g/l de nickel Ni^{2+} , le temps d'immersion est de 4 minutes, à une température ambiante, la densité du courant est de 4 à 15 A/dm² suivant la surface à nickelé, suivie d'un rinçage récupérer 1-2 minutes et d'un rinçage courant d'une minute 30 secondes.

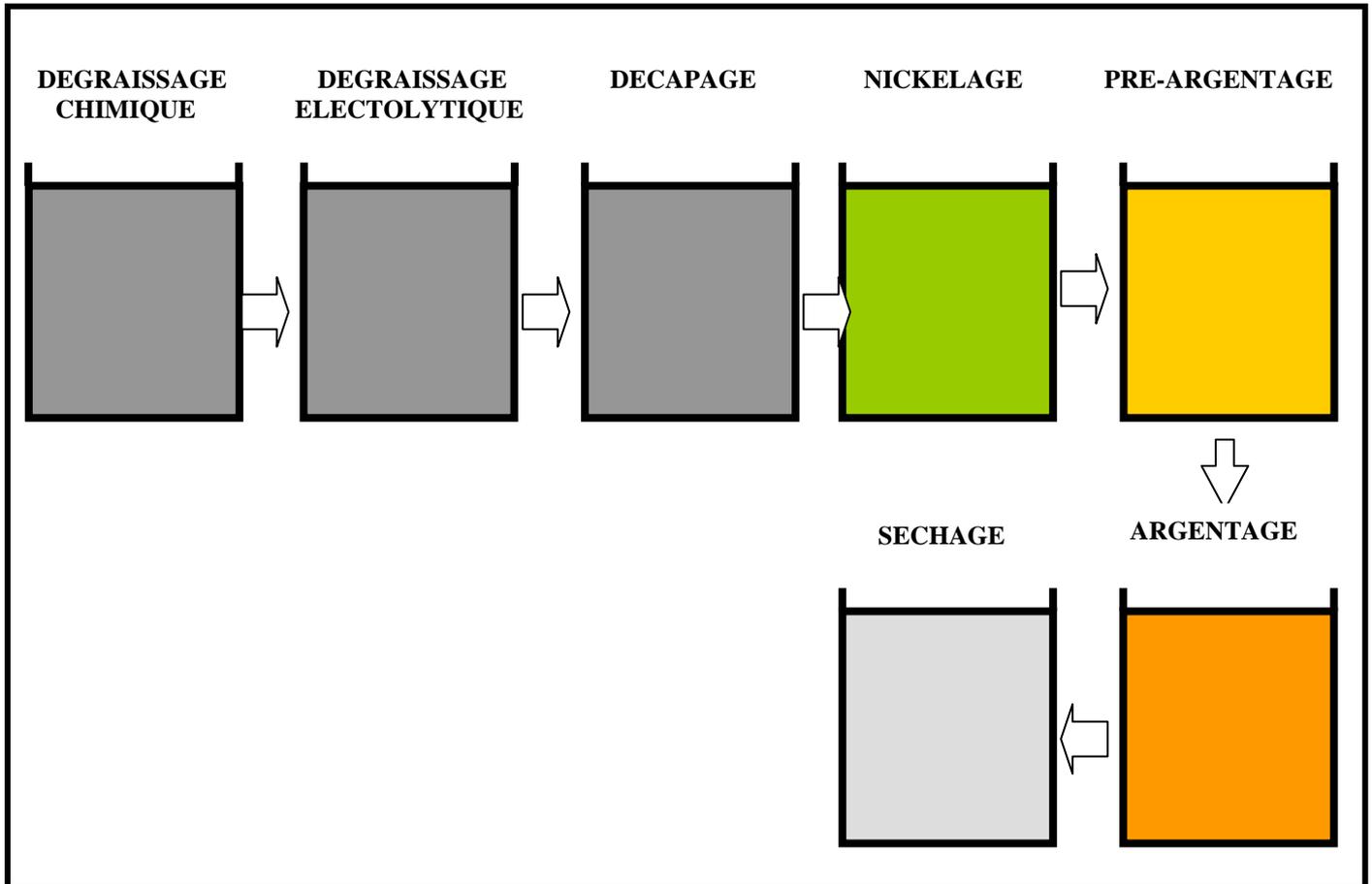
5- Un pré argentage (bain basique) : avec l'utilisation du cyanure de potassium KCN et du cyanure d'argent Ag^+ , Le bain d'une contenance de 1160 L devra avoir une concentration de KCN à 80g/l et de Ag^+ à 3.25g/l, le temps d'immersion est de 12 secondes, à une température de 20 à 30 °C, l'intensité de travail est de 4 V maximum.

6- L'argentage avec l'utilisation de 12 anodes en argent ayant une pureté de 4.9 (99,99%), avec du cyanure de potassium KCN et du cyanure d'argent Ag^+ , plus un brillanteur d'alimentation (trioxyde d'antimoine) et ajout d'un brillanteur de base, le bain contient 1900 L et devra avoir une concentration en KCN de 100g/l et 30 g/l de Ag^+ , le temps d'immersion est de 88 minutes, à une température de 20 à 30 °C, pour obtenir une couche d'argent de 20µ. Suivie d'un rinçage récupérer à l'eau déminéraliser suivi d'un rinçage courant.

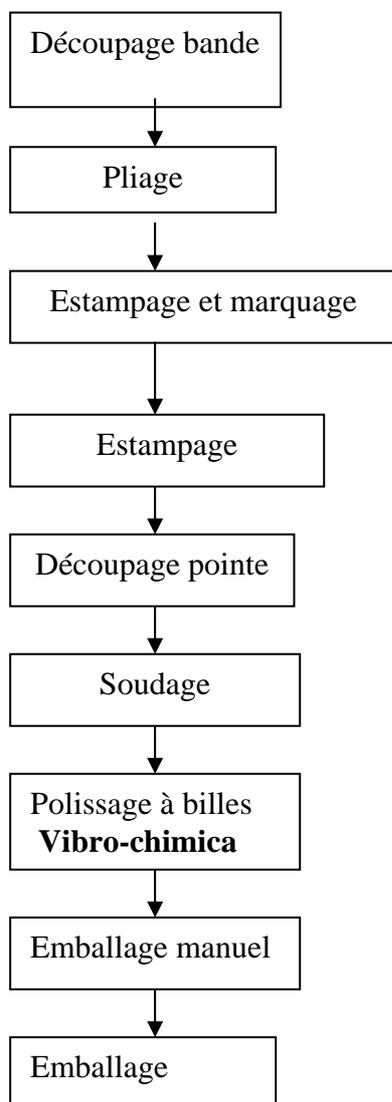
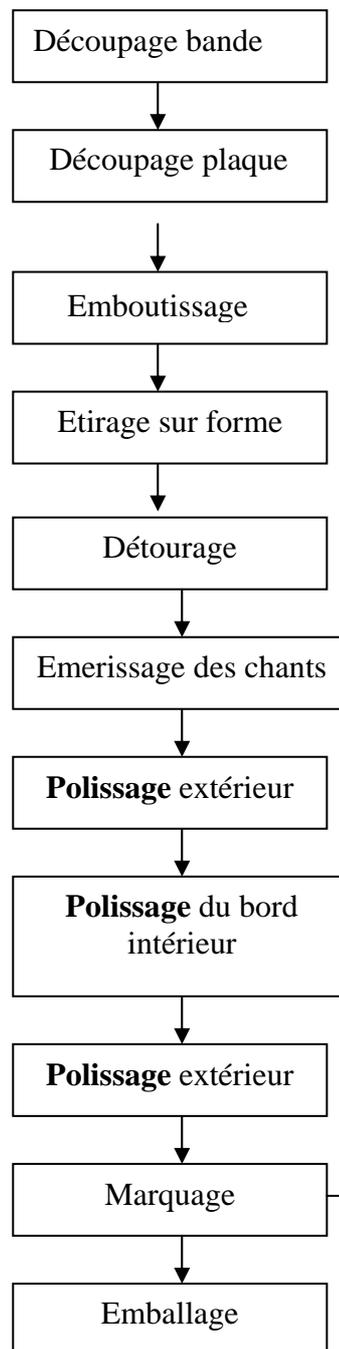
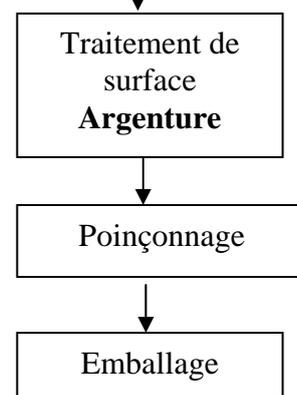
7- Enfin un séchage à l'air chauffé dans une cuve vide asséchera les pièces traitées.

Les étapes principales du traitement de surface (l'argentage) sont illustrées sur la figure qui suit.

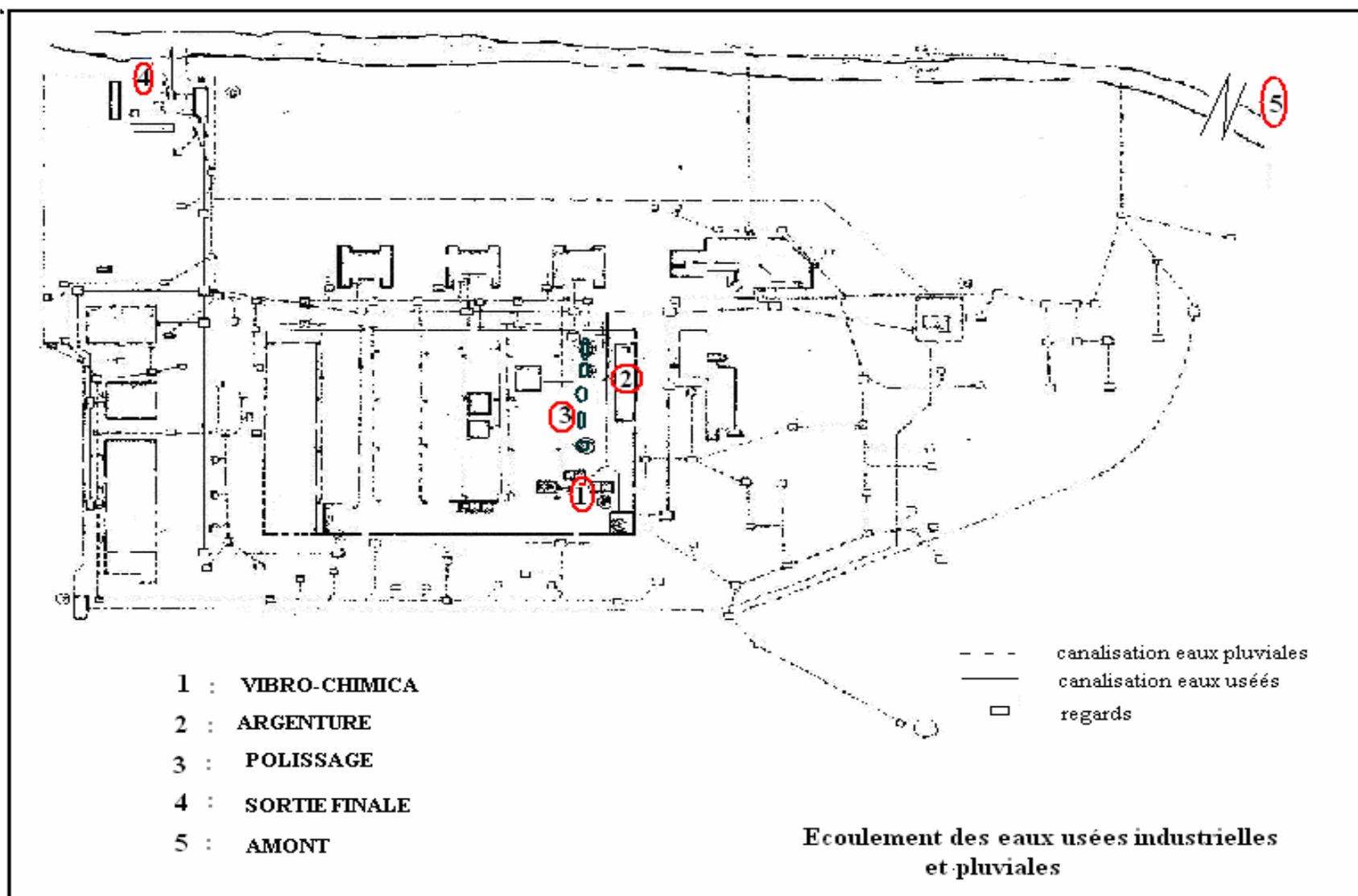
Schémas des étapes de l'atelier argenture.



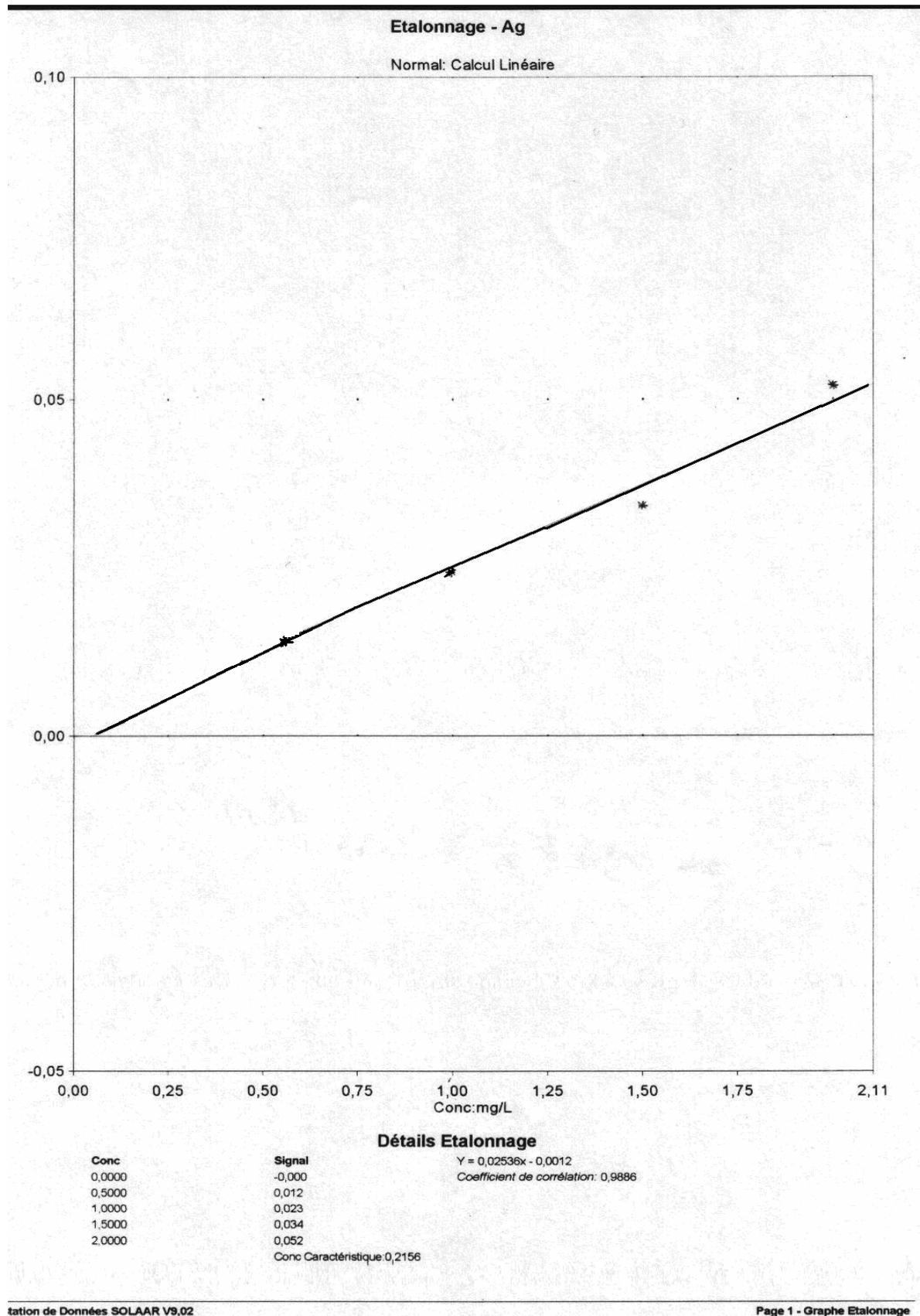
ANNEXE IV.2 : Gamme de fabrication des articles de l'entreprise BCR, avec lieux de rejets.

Articles qualité « M »**Articles qualité « H »****Articles
qualité « A »**

ANNEXE IV.3 : Position des différents points de prélèvement au sein de l'entreprise BCR



ANNEXE IV.4 : Exemple d'une courbe d'étalonnage (cas de l'Argent)



ANNEXE IV.5 : Teneurs limites des éléments à caractère toxique des rejets au sein d'industrie de traitement de surfaces dans les principaux pays industrialisés [25].

Parametres de pollution	Concentration maximale (en mg/l)					
	France	Allemagne	Angleterre	Suisse	Etats-unis	Japon
Eléments métalliques :						
Aluminium	5			10		
Cadmium	0,2	3	0,2 à 2	0,2	1,2	0,1
Chrome hexavalent	0,1	0,5		0,1		0,5
Chrome trivalent	3			2		
Cuivre	2	1	0,5 à 5	0,1	4,5	3
Fer	5	2	5	1		
Nickel	5	3	0,5 à 2	2	4,1	3
Plomb	1		0,5 à 2	1	0,6	1
Etain	2			2		
Zinc	5	3		2	4,2	5
(Al+ Cd+ Cu+ Cr+ Fr+ Ni+ Pb+ Zn)	15					

Valeurs limites des substances nocives dans les eaux industrielles [93]

La teneur des eaux industrielles en substances nocives au moment du rejet dans les collecteurs publics, dépasser pour les corps chimiques énumérés ci-après [93], les valeurs suivantes :

Fer	Fe	5 mg/l	
Cuivre	Cu	2 mg/l	
Zinc	Zn	5 mg/l	
Nickel	Ni	2 mg/l	
Cadmium	Cd	0,2 mg/l	
Chrome	Cr	trivalent	3 mg/l
		Hexavalent	0,1 mg/l
Plomb	Pb	1 mg/l	
Mercure	Hg	0,1 mg/l	
Argent	Ag	0,1 mg/l	
Arsenic	As	1 mg/l	
Cobalt	Co	2 mg/l	
Aluminim	Al	5mg/l	
Magnésie	Mg (OH) ₂	300 mg/l	
Cyanures	Cn-	0,1mg/l	
Chlore libre	Cl ₂	3mg/l	
Cromates	CrO ₃ --	2mg/l	
Sulfures	S-	1mg/l	
Sulfates	SO ₄ --	400mg/l	
Total métaux		15mg/l	

ANNEXE IV.6 : Résultats d'analyses physico-chimiques des différentes campagnes de prélèvements.

Lieux des Echantillonnages	Dates prélèvements	pH	Conductivité $\mu\text{S}/\text{cm}$	Température $^{\circ}\text{C}$	MES mg/l
Polissage	01/03/2005	7.5	1900	16	NS
	06/03/2005	7.5	1160	15	NS
	08/03/2005	7.4	1750	14	496
	13/03/2005	7.6	2100	13	568
	15/03/2005	7.3	2140	15	424
	20/03/2005	6.9	1800	16	639
	22/03/2005	6.9	1900	17	580
	27/03/2005	7.5	1460	19	48
	02/04/2005	7.2	1420	17	196
	16/05/2005	7.1	1850	18	496
	29/05/2005	7.3	1670	20	428
	12/06/2005	6.9	1800	22	820
Argenture	01/03/2005	8	>3000	14	NS
	06/03/2005	8.6	>3000	14	NS
	08/03/2005	8.9	>3000	13.9	25
	13/03/2005	8.5	>3000	16.7	84
	15/03/2005	7.6	>3000	16	44
	20/03/2005	4.6	>3000	16	NS
	22/03/2005	7.7	>3000	18	NS
	27/03/2005	6.6	>3000	21	20
	02/04/2005	7	>3000	16.5	NS
	16/05/2005	7	>3000	16	NS
	29/05/2005	7.2	>3000	20.5	92
	12/06/2005	7.3	>3000	22	34
Vibro-Chimica	01/03/2005	8.1	1180	18.5	NS
	06/03/2005	8.3	1780	19	NS
	08/03/2005	7.6	1190	19.7	84
	13/03/2005	7.6	1400	18	180
	15/03/2005	7.1	1350	19.3	44
	20/03/2005	7.3	1260	20	NS
	22/03/2005	7.6	1240	24	16
	27/03/2005	9	1300	23	596
	02/04/2005	7.6	1200	22.5	28
	16/05/2005	7.8	1250	17	524
	29/05/2005	7.4	1275	25	92
	12/06/2005	7.5	1350	28	152

NS : Non significatives.

Suite du tableau IV.6

Lieux Echantillonnages	Dates des prélèvements	pH	Conductivité μ S/cm	Température °C	MES mg/l
Amont	02-04-2005	7	900	15.2	NS
	16-05-2005	7.5	850	23	NS
	12-06-2005	Pas de prélèvement : Le lit du Oued est asséché			
Sortie	16-05-2005	7.5	1160	20	268
	29-05-2005	7.7	1190	22.5	40
	12-06-2005	7.6	1225	24	180

NS : Non significatives.

ANNEXE IV.7 : Résultats des recherches d'éléments métalliques dans les différents prélèvements.

Lieux D'échantillonnages	Dates des Prélèvements	TENEURS DES ELEMENTS (mg/l)								
		Pb	Cr	Zn	Cu	Cd	Ag	Mn	Ni	Fe
POLISSAGE	01/03/2005	<0.5	0.23	4.34	2.20	<0.01	<0.02	0.81	0.48	28.0
	06/03/2005	<0.5	0.23	2.17	1.89	<0.01	<0.02	0.63	0.35	16.75
	08/03/2005	<0.5	0.23	2.17	1.65	<0.01	<0.02	0.72	0.26	14.25
	13/03/2005	<0.5	0.23	2.17	1.65	<0.01	<0.02	2.00	0.26	16.50
	15/03/2005	<0.5	0.23	4.09	1.98	<0.01	<0.02	0.72	0.44	17.75
	20/03/2005	<0.5	0.23	2.48	1.32	<0.01	<0.02	0.81	0.40	24.50
	22/03/2005	<0.5	0.23	9.79	6.38	<0.01	<0.02	0.99	0.35	30.50
	27/03/2005	<0.5	0.23	4.77	2.75	<0.01	<0.02	0.72	0.40	14.00
	02/04/2005	<0.5	0.20	1.26	1.19	<0.01	0.07	0.70	0.40	7.70
	16/05/2005	<0.5	<0.05	0.95	1.71	<0.01	0.07	1.00	0.30	9.60
	29/05/2005	<0.5	0.20	0.41	0.83	<0.01	0.08	0.40	0.70	4.20
	12/06/2005	<0.5	<0.05	0.50	0.55	<0.01	0.10	0.37	0.30	4.60
ARGENTURE	01/03/2005	<0.5	0.23	0.6	<0.05	<0.01	0.67	<0.03	4.50	0.61
	06/03/2005	<0.5	0.23	0.6	<0.05	<0.01	0.69	<0.03	5.60	1.04
	08/03/2005	<0.5	0.23	0.15	<0.05	<0.01	0.28	<0.03	4.85	1.03
	13/03/2005	<0.5	0.23	0.66	0.18	<0.01	0.14	<0.03	28.00	2.64
	15/03/2005	<0.5	0.23	0.30	<0.05	<0.01	0.14	<0.03	25.34	0.40
	20/03/2005	<0.5	0.23	8.99	<0.05	<0.01	0.90	<0.03	1070	2.00
	22/03/2005	<0.5	0.23	0.6	<0.05	<0.01	0.20	<0.03	16.00	<0.25
	27/03/2005	<0.5	0.23	4.09	<0.05	<0.01	2.88	<0.03	2450	<0.25
	02/04/2005	<0.5	0.23	0.60	<0.05	<0.01	8.10	<0.03	310.0	<0.25
	16/05/2005	<0.5	0.89	0.40	0.36	<0.01	0.76	<0.03	180.0	<0.25
	29/05/2005	<0.5	0.30	0.20	0.29	<0.01	0.20	0.04	57.00	<0.25
	12/06/2005	<0.5	0.30	0.22	0.33	<0.01	1.60	<0.03	35.00	<0.25
VIBRO-CHIMICA	01/03/2005	<0.5	0.23	0.68	<0.05	<0.01	<0.03	<0.03	0.1	4.43
	06/03/2005	<0.5	0.23	0.68	<0.05	<0.01	<0.03	<0.03	0.1	5.65
	08/03/2005	<0.5	0.23	2.34	<0.05	<0.01	<0.03	<0.03	0.1	3.76
	13/03/2005	<0.5	0.23	0.87	<0.05	<0.01	<0.03	<0.03	0.1	0.40
	15/03/2005	<0.5	0.23	2.08	<0.05	<0.01	<0.03	0.51	0.1	7.52
	20/03/2005	<0.5	0.23	0.80	<0.05	<0.01	<0.03	<0.03	0.1	3.00
	22/03/2005	<0.5	0.23	0.99	<0.05	<0.01	<0.03	<0.03	0.1	3.00
	27/03/2005	<0.5	0.23	1.05	<0.05	<0.01	<0.03	0.36	0.1	13.00
	02/04/2005	<0.5	0.23	0.43	<0.05	<0.01	<0.03	<0.03	0.1	0.40
	16/05/2005	0.64	<0.05	5.99	0.55	<0.01	0.07	1.00	0.30	4.00
	29/05/2005	<0.5	<0.05	0.23	0.30	<0.01	0.08	<0.03	<0.06	0.40
	12/06/2005	<0.5	<0.05	0.22	0.28	<0.01	0.09	<0.03	<0.06	0.50

Suite du tableau IV.7.

Lieux D'échantillonnages	Dates des prélèvements	TENEUR DES ELEMENTS (mg/l)								
		Pb	Cr	Zn	Cu	Cd	Ag	Mn	Ni	Fe
SORTIE	16-05-2005	<0.5	0.25	0.72	0.33	<0.01	0.12	0.11	1.06	4.60
	29-05-2005	<0.5	<0.05	0.23	0.28	0.08	0.08	0.06	0.70	1.90
	12-06-2005	<0.5	0.31	0.24	0.29	<0.01	0.10	0.11	1.00	3.00
AMONT	02-04-2005	<0.5	<0.05	0.015	<0.05	<0.01	0.05	<0.03	<0.06	0.29
	16-05-2005	<0.5	0.08	0.03	0.07	<0.01	<0.03	<0.03	0.09	<0.25
	12-06-2005	Pas de prélèvement : Le lit du Oued est asséché								

NS : Non significatives.

ANNEXE IV.8 : courbes des différents éléments conforme à la norme : Plomb, Chrome, et Cadmium.

