

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de magistère
« Ecole doctorale »



Contribution à l'étude d'impact de l'exploitation du gisement ferrifère de la mine de l'Ouenza sur l'environnement

Option: Pollution des écosystèmes; diagnostic
et procédés de traitement
Par Mme Taleb Narsis Souad

Devant le jury:

Président: Pr. Tahar Ali

Encadreur: Dr. Benslama Mohamed

Examineur: Dr. Fadel Djamel

Examineur: Dr. Serradj Mounia

Université Badji Mokhtar Annaba

Université Badji Mokhtar Annaba

Université M.C Messaadia S/Ahras

Université Badji Mokhtar Annaba

Promotion 2012

Remerciement

Je remercie Dieu le tout puissant qui, grâce à son aide j'ai pu finir ce travail.

Je tiens à remercier Mr Benslama, mon encadreur, pour sa bienveillance, son soutien et ses excellents conseils.

Je tiens également à exprimer ma sincère reconnaissance :

À Monsieur TAHAR ALI professeur à l'université de Badji Mokhtar Annaba, d'avoir accepté de présider ce jury malgré ses multiples tâches.

Mr FADEL DJAMEL maitre de conférence à l'Université M.C Messaadia S/Ahras d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mme SERRADJ MOUNIA, maitre de conférences, Université de Badji Mokhtar Annaba d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mr Chain et tout le personnel de la mine de l'Ouenza pour l'intérêt qu'ils ont portés à ce travail et leurs aides qu'ils n'ont pas hésiter à me fournir.

Enfin à tous laborantins, Meriem, wafa , nadia et leurs disponibilité et leur aide précieuse.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude ;

A mon père pour l'éducation qu'il m'a prodigué; avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'il a consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'il m'a enseigné depuis mon enfance.

A celle qui m'a transmis la vie, l'amour, le courage, à toi chère maman toutes mes joies, mon amour et ma reconnaissance.

- A la mémoire de mon très cher grand père

- Mon très cher mari Fayçal

- Mon unique sœur Ferial

- Mes frères Amine, Rafik et Sofiane

- Toute la famille Bougherra, Taleb et Narsis

- Tous mes ami(e)s.

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Tableau récapitulatif montrant la production totale des principaux minerais en Algérie	2
2	Évolution des activités minières Algériennes 1994-2004	4
3	Principaux polluants atmosphériques leurs origines, leurs effets sur l'environnement et la santé humaine.	8
4	Sources, types des métaux lourds et effets sur l'environnement	11, 12
5	Les formes d'exploitation à ciel ouvert et leurs principaux effets sur l'environnement	14
6	Concentration des poussières dans certains postes de travail de la mine	18
7	Le nombre d'agents silicolisés au niveau de la mine de l'Ouenza, déclaré par le médecin de travail de la mine	19
8	État récapitulatif des réserves géologiques actualisées au 31/12/2007	28
9	Températures moyennes mensuelles et annuelles exprimée en (°C) de la station de Tébessa (1992-2001).	30
10	Précipitations moyennes mensuelles et annuelles exprimées en (mm) de la station de Tébessa (1992-2001).	31
11	Vitesses des vents moyennes mensuelles et annuelles exprimées en (m/s) de la station de Tébessa (1992-2001).	32
12	Humidité relative moyennes mensuelles et annuelles exprimée en H% de la station de Tébessa (1992-2001).	33
13	Température moyenne mensuelles interannuelles et précipitation moyennes mensuelles interannuelle de la station de Tébessa (1992-2001).	34
14	Résultats des analyses physico-chimiques des volumes pédologiques prélevés au niveau des trois stations (S1, S2 et S3)	46

15	Résultats des analyses physico-chimiques des eaux des oueds Mellegue et Kseub prélevés au niveau des deux stations (S1, S3)	53
16	Résultats des analyses biochimiques des végétaux prélevés sur les sites d'échantillonnage S1, S2, S3	60
17	Qualité des eaux de surface à partir de plusieurs paramètres	81
18	Échelle de désignation de type de sol en fonction du pH	81
19	Normes de la concentration des métaux lourds dans les sols, végétaux (ppm)	81
20	Échelle de désignation de la salinité du sol en fonction de la conductivité électrique	82

Liste des figures

Figures	Titre	Page
1	Carte des Potentialités Minières en Algérie.	3
2	Conséquences de la pollution atmosphérique	9
3	Illustrant l'état de dégradation des constructions	20
4	Photo représentant le gisement ferrifère de l'Ouenza	24
5	Le gisement ferrifère de l'Ouenza	25
6	Situation géographique de la ville de l'Ouenza	26
7	Photos montrant les différents horizons du gisement ferrifère de l'Ouenza	27
8	Les moyennes mensuelles des températures exprimées en (°C) de la station de la station de Tébessa (1992-2001)	30
9	Les moyennes mensuelles des précipitations exprimées en (mm) de la station de Tébessa (1992-2001).	31
10	Les moyennes mensuelles des vitesses des vents exprimées en (m/s) de la station de Tébessa (1992-2001).	32
11	Les moyennes mensuelles de l'humidité relative exprimées en H% de la station de Tébessa (1992-2001).	33
12	Diagramme Ombrothermique de la station de Tébessa (1992-2001)	34
13	Photo de la localisation de la première station (Oued Mellegue) sur en amont sur la route nationale n°82(Image satellite Google Earth d'une altitude de 1,51 km)	37
14	Localisation de la deuxième station au milieu de la ville de l'Ouenza tout près du gisement ferrifère. (Image satellite Google Earth d'une altitude de 1,45km)	38
15	Localisation de la troisième station (Oued Kseub) sur la route nationale n °82 (Image satellite Google Earth d'une altitude de 4,04km)	39
16	Représentation graphique du pH eau, pH KCl	47
17	Représentation graphique de la conductivité électrique du sol des trois stations	47
18	Représentation graphique de l'humidité du sol des trois stations	48
19	Représentation graphique de la porosité des sols des trois stations	48
20	Représentation graphique du taux de la matière organique dans les sols des trois stations d'échantillonnage	49
21	Teneur en Plomb (Pb) des sols des trois stations étudiées	50
22	Teneur en Zinc (Zn) des sols des trois stations étudiées	51
23	Teneur en cuivre (Cu) des sols des trois stations étudiées	51
24	Teneur en cadmium (Cd) des sols des trois stations étudiées	52
25	Représentation graphique du pH eau des échantillons d'eau des oueds	54
26	Représentation graphique de la conductivité électrique des deux stations d'échantillonnage	54

27	Représentation graphique du taux des matières en suspension dans l'eau des deux oueds (Mellegue S1 et Kseub S3	55
28	Représentation graphique du taux des nitrates en mg/l dans les eaux des Oueds des stations 1 et 3.	55
29	Représentation graphique du taux des nitrites en mg/l dans les échantillons d'eau des Oueds	56
30	Représentation graphique du taux de l'ammonium des échantillons d'eau des Oueds des deux stations S1& S3	56
31	Représentation graphique du taux des chlorures dans les deux stations d'échantillonnages	57
32	Représentation graphique des taux de sulfates dans les eaux des oueds S1 et S3	57
33	Représentation graphique de la Teneur en Zinc des eaux des deux stations étudiées	58
34	Représentation graphique de la teneur en Plomb (Pb) des eaux des deux stations étudiées	58
35	Représentation graphique de la teneur en Cadmium (Cd) des eaux des deux stations étudiées	59
36	Représentation graphique de la teneur en Cuivre (Cu) des eaux des deux stations étudiées	59
37	Représentation graphique de la teneur en la chlorophylle (a, b a+b) dans les trois stations d'échantillonnage	61
38	Représentation graphique du taux des glucides totaux dans les trois stations d'échantillonnage	62
39	Représentation graphique du taux de la proline dans les trois stations d'échantillonnage	62
40	Représentation graphique du taux de rapport 'matière sèche/matière fraîche (%) dans les trois stations d'échantillonnage	63
41	Représentation graphique du taux des poussières (mg/g de feuilles) dans les trois stations d'échantillonnage	64
42	Représentation graphique de la concentration en plomb (ppm) dans les trois stations d'échantillonnage	65
43	Représentation graphique de la concentration en zinc (ppm) dans les trois stations d'échantillonnage	66
44	Représentation graphique de la concentration en cadmium (ppm) dans les trois stations d'échantillonnages	66
45	Représentation graphique de la concentration en cuivre (ppm) dans les trois stations d'échantillonnage	67

Sommaire

- Introduction

Chapitre I Généralités sur la production minière en Algérie

I. L'exploitation minière.....	1
I.1 Définition	1
I.2. Historique.....	1
I.3. Généralités sur la production minière en Algérie.....	1

II. Conséquence de l'exploitation minière : La Pollution de l'air, le sol et de l'eau

II.1. Pollution de l'air

II. 1.1 Classification de la pollution.....	5
II.1.2 Définition de la pollution atmosphérique.....	5

II. 2 Facteurs intervenant dans le transport et la diffusion de polluants

II. 2.1-Facteurs météorologiques.....	5
II. 2.1.1 Le vent.....	5
II..2.1.2 Le gradient vertical de température.....	6
II..2.1.3 La turbulence.....	6
II. 2.2 Facteurs physiques	6
II. 2.3 Émission, transport, dégradation et dépôt.....	6
II. 2.4 Type de polluants.....	7
II. 3 Pollution des sols	9
II. 4. Pollution des eaux.....	10
II. 5. 1 Effets d'une mine à ciel ouvert sur l'environnement et mesures de protection.....	13
II. 5. 2 .Effets de l'exploitation du gisement ferrifère de l'Ouenza sur l'environnement et sur la santé humaine	15
II.6 Législation et norme de qualité de l'air en Algérie.....	21
II.7 Normes international de qualité de l'air.....	22

Chapitre II: Matériels et méthodes

1- Présentation de la zone d'études	
1.1 Le gisement ferrifère de l'Ouenza.....	24
1.2 Historique de la mine de l'Ouenza	24
1.3 Situation géographique	25
1.4 Géologie.....	26
1.5 Réseau hydrographique	28

1.6 Etude climatique

1.6.1 Température	29
1.6.2 Précipitation	31
1.6.3 Vent.....	32
1.6.4 Humidité.....	33
1.6.5 Courbe pluvio-thermique.....	34
I.7 Cadre biologique	35
1.8 Environnement socioculturel.....	35

1.8.1 Population.....	35
1.8.2 Activités socio-économiques.....	35
1.8.3 Paysages et patrimoines.....	36
I.9 Importance de l'unité.....	36

2. Localisation des sites d'échantillonnage

2.1. Station 1.....	37
2.2 Station 2	38
2.3. Station 3.....	39

3. Stratégie d'échantillonnage et procédure de prélèvement

3.1 Les échantillons d'eau	40
3.2 Les échantillons de sol	40
3.3 Les échantillons du végétal	40

4. Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés

4.1. pH eau.....	41
4.2 pH KCl.....	41
4.2 Conductivité électrique.....	41
4.3 Humidité hygroscopique H%.....	41
4.4 Texture: granulométrie.....	41
4.5 Calcaire	41
4.6 Densité réelle, densité apparente et porosité	42
4.7 La matière organique	42

5. Caractères physico-chimiques de l'eau

5.1. Ph	42
5.2. CE	42
5.3. MES.....	42
5.4. Ammonium (NH_4^+).....	42
5.5. Nitrites	42
5.6. Nitrates.....	43
5.7. Phosphates.....	43
5.8. Les chlorures Cl^- :	43
5.9. Carbonates et bicarbonates	43
5.10. Sulfates	43

6. Caractérisation biochimiques des végétaux

6.1.Dosage de la chlorophylle.....	44
6.2 Dosage des glucides totaux	44
6.3 Dosage de la proline	44
6.4 Matière sèche.....	44
6.5 Poussières	44

7. Méthode d'analyse des métaux lourds

Chapitre III. RESULTATS ET INTERPRETATION

1. Résultats des analyses

1.1 Résultats pédologiques	46
1.1.2 Interprétation des résultats	47
1.2. Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau	53
1.2 Résultats des analyses biochimiques des végétaux	60

2. Discussion et conclusion générale

68

- Références bibliographiques

- Résumés

- Liste des tableaux

- Liste des figures

- Annexes

Introduction

Les phénomènes de pollutions ont pris une importance de plus en plus grande aux plans environnementaux, sanitaires, économiques et politiques. La pollution entraîne des perturbations au niveau biotiques (faune et flore) et des compartiments abiotiques fondamentaux (eaux, sols, atmosphère).

La plupart des composantes de l'environnement peuvent être affectées lors de la réalisation des activités reliées à un projet minier. L'eau, le sol, l'air, la végétation, la faune et le paysage seront touchés avec plus ou moins d'impact selon la dimension du site.

Le gisement ferrifère de la région de l'Ouenza représente l'une des richesses fondamentales dont dispose l'Algérie. Cette mine est la plus grande d'Algérie avec une réserve de 120 millions de tonnes de minerai d'une teneur de 55% en moyenne de fer.

Afin d'évaluer l'impact de l'exploitation d'une mine de fer sur l'environnement pour notre cas la mine de l'Ouenza. Nous avons sélectionné trois stations situées de part et d'autres et au milieu de la mine. Dans chaque station nous avons prélevés des échantillons de sols, d'eau et des végétaux. Les résultats des analyses physico-chimiques des sols et des eaux ainsi que les analyses biochimiques des végétaux constitueront l'essentiel de cette étude ; qui s'organise comme suit :

Le premier chapitre est consacré à la recherche bibliographique, sur la pollution de l'air par les particules solides et l'histoire de l'exploitation minière dans le monde ainsi que des généralités sur la production du secteur minier en Algérie.

Le deuxième chapitre s'est orienté vers la présentation du gisement ferrifère de l'Ouenza et son environnement ainsi que l'échantillonnage et la caractérisation des sols, des eaux et de certaines cultures environnantes.

Le troisième chapitre a porté sur les résultats et leurs interprétations. Nous terminons ce travail par une conclusion.

Chapitre I

GENERALITES SUR LA PRODUCTION MINIERE ET SON IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

I. L'exploitation minière

I.1 Définition :

Les exploitations minières ont pour but de récupérer les matières minérales présentes à la surface du globe et qui ont une valeur économique qu'elles soient des exploitations souterraines ou à ciel ouvert **(GTZ, 2001)**. Parmi les matériaux extraits figurent les minerais métallurgiques (fer cuivre, plomb, zinc), les minéraux industriels (calcaire, sel gemme, potasse, gypse), les métaux natifs (principalement l'or et l'argent), le charbon, les sables bitumineux, le minerai d'uranium et les pierres précieuses. Par ailleurs, l'extraction de sable et gravier fait partie des activités minières, tout comme l'extraction dans les carrières de la pierre de taille ou de la pierre à monuments. **(Anonyme 1)**

I.2. Historique

L'exploitation minière remonte à l'antiquité, quand l'homme préhistorique a commencé à creuser le sol à la recherche de roches afin de fabriquer des armes, des pigments et des outils. Il trouvait des morceaux de cuivre, d'or et d'argent natifs ainsi que des pierres précieuses dans les ruisseaux et dans le sol. L'exploitation des carrières était déjà une activité courante quand Stonehenge et les pyramides d'Égypte ont été construits. **(Anonyme 1)**

Les progrès de la technologie et de la civilisation, dont témoignent les expressions âge de la pierre, âge du cuivre, âge du bronze et âge du fer, ont nécessité des quantités de matériaux qui n'ont pu être obtenus que par l'exploitation minière.

Au Moyen-âge (vers 1000 - 1453), l'exploitation minière et la métallurgie ont fait des progrès, mais ces activités demandent encore une très grande main-d'œuvre.

L'utilisation d'explosifs, qui commence vers 1627, réduit de beaucoup le pénible travail nécessaire pour briser les roches. La vapeur, comme source d'énergie industrielle, est d'abord utilisée vers 1700 à Cornwall, en Angleterre, pour faire fonctionner des pompes d'évacuation d'eau.

Pendant et après l'ère industrielle beaucoup de gisements furent découverts dans le monde tels l'argent, le plomb, le zinc...etc.

Près de 90% des minerais extraits dans le monde proviennent d'exploitations à ciel ouvert. **(GTZ, 2001)**.

I.3. Généralités sur la production minière en Algérie

Avant l'indépendance (1962), l'activité minière en Algérie était orientée principalement vers l'exploitation des gisements de fer et de plomb - zinc.

Entre les deux guerres mondiales, l'Algérie était un producteur important de minerai de fer dans le monde, sa production a contribué à la prospérité des industries de transformation de plusieurs pays européens, en particulier la France, la Grande-Bretagne et l'Allemagne (source)

Durant les années 1950, notamment pendant la guerre de libération nationale, les sociétés minières étrangères ont accéléré le processus d'écroulement des gisements et limité, voire stoppé tout investissement dans ce secteur. Au lendemain de l'indépendance, les exploitants étrangers ont abandonné plusieurs mines après en avoir tiré le meilleur profit; ne sont restées en activité que les mines encore " viables ", telles celles de phosphate, de zinc, de fer, de

baryte, de charbon et les salins.

Un effort de prospection durant ces 30 dernières années a permis de développer l'infrastructure géologique de base et d'inventorier un grand nombre de gîtes et indices dont certains offrent de réelles perspectives d'investissement pour leur exploitation et que l'État algérien a décidé de promouvoir et de mettre en valeur. **(Anonyme 2)**

Depuis la création la société minière d'État et de la prospection, (SONAREM), en 1967. Certains minerais ayant une haute teneur en minéraux de fer, de phosphate, de mercure, et de zinc, ont été exportés depuis le début des années 1970. En conséquence de la politique de décentralisation du gouvernement, l'entreprise a été restructurée en 1983 avec une entité de production séparée et une entité de distribution dont plus importante d'entre eux était le minerai de fer et la compagnie de phosphate connu comme Ferphos, qui avait trois unités de production et un complexe portuaire à Annaba, et une autre société appelée Erem qui se spécialise dans la recherche minière à Boumerdès, sur la mer Méditerranée, et Tamanrasset (sud Algérien). **(Anonyme 3)**

En 2000, le gouvernement a proposé de permettre aux investisseurs étrangers pour développer les gisements minéraux détenus par les sociétés minières nationales. Le bureau géologique national et le bureau de recherche minière a identifié de nombreux gisements minéraux. Avec la proximité de l'Algérie à l'Europe, son principal client minéral la base du pays et les métaux précieux sont d'intérêt pour les investisseurs étrangers. **(Anonyme 4)**

Tableau récapitulatif n°1 montrant la production totale des principaux minerais en Algérie :

Minéraux	Lieu	Production totale
Le fer	Les gisements de Mecheri Abdelaziz et de Gara Djébil, Tindouf	3,5 milliards de tonnes à 57% Fe
Le diamant	Région de Reggane	1500 grains de diamant
L'or	Gisement de l'Amessmessa Région du Hoggar	3,38 *10 ⁶ tonnes Teneur 18g/T
Plomb, zinc	Nord de l'Algérie	150 *10 ⁶ de tonnes/an
Le sel (gemme et lagunaire)	Sud est Algérien	1,5 *10 ⁹ de tonnes
Le phosphate	Djebel Onk Tébessa	2 *10 ⁹ de tonnes
Le feldspath	Ain Barbar Annaba	7 *10 ⁶ de tonnes
Fluorine	Gisement Ait Oklan Tamanrasset	1,22 *10 ⁶ de tonnes de minerais à 30%
Le talc	Est de l'Algérie	De 200,000 à 600,000 tonnes

(ORGM ; Anonyme5 ; anonyme 4(modifié))

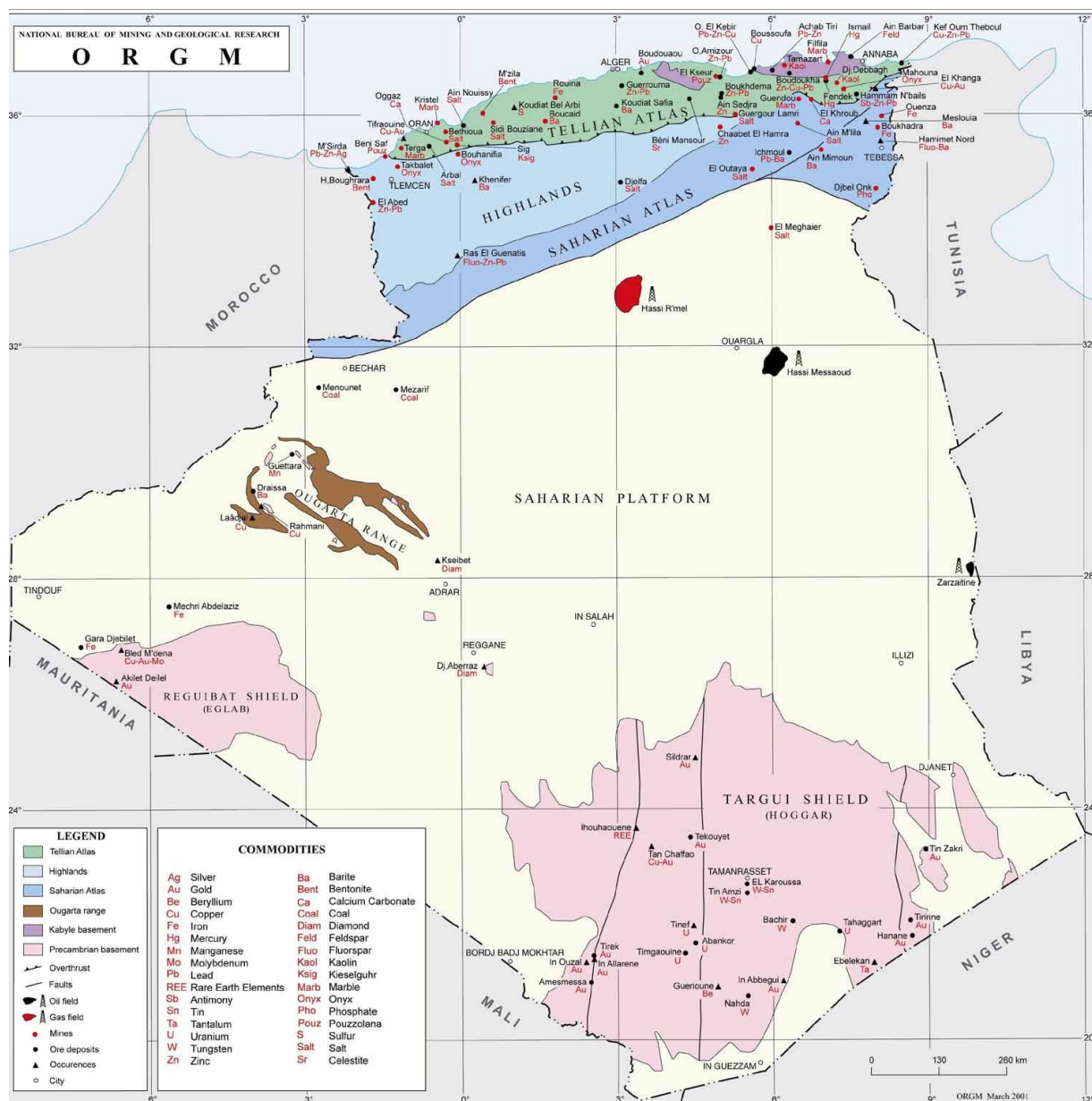


Figure 1: Carte des Potentialités Minières en Algérie (O.R.G.M)

Actuellement, le secteur des mines en Algérie connaît une forte activité, soutenu par la hausse des prix des matières premières et par la forte demande internationale, notamment celle venant de la Chine.

Évolution des Activités Minières (1994/2004)

PRODUITS	UNITE	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
MINERAL DE FER	1000 T	2 050	2 192	2 244	1 783	1 783	1 337	1 645	1 291	1202	1378	1414
PHOSPHATE	1000 T	700	758	1 051	1 063	1 154	1 097	877	939	741	905	784
ZINC	T	5 650	7 174	5 912	6 964	8 594	9 808	10 452	10 693	8576	2796	231
PLOMB	T	1 103	1 393	1 016	1 342	1 160	1 215	818	891	1105	0	0
MERCURE	Potiches		8 555	10 669	12 964	6 495	6 966	6 250	9 278	8902	5089	2599
BARYTE	T	31 000	29 838	31 348	39 140	35 651	50 510	51 925	43 020	51773	45659	47945
KAOLIN	T	17 000	24 068	23 332	18 533	13 778	16 833	11 616	13 356	9505	19258	24299
BENTONITE	T	20 200	17 088	16 723	17 657	15 561	15 491	22 708	21 282	27178	26485	30319
FELDSPATH	T	6 939	4 618	3 784	4 510	7 318	2 820	530	0	0	0	
KIESELGUHR	T	2 845	3 294	3 173	2 332	2 133	2 563	2 979	2 863	3185	2335	2665
T.DECOLOR	T		4 061	2 803	3 960	3 942	2 489	3 431	3 254	3521	3579	2284
DOLOMIE	T		3 605	954	1 948	1 770	3 489	5 261	6 451	6203	2603	
POUZZOLANE	1000 T		245	364	397	396	394	393	362	451	500	436
AGREGATS	1000 M ³	5 554	4 619	4 082	3 535	3 792	3 683	4 143	8 540	11 042	13 769	26 539
ENOF			1 746	1 871	1 553	1 408	1 420	1 594	1 711	2537	1929	
ENG			2 780	2 143	1 934	2 342	2 242	2 518	2 988	3595	5295	
ENAMARBRE			93	69	48	42	21	31	30	32	32	
AUTRES									3 811	4878	6513	
SEL	1000 T	168	144	154	136	173	164	195	184	205	191	165
Aliment.		80	62	75	68	81	84	81	77	85	70	84
Industriel		88	81	79	69	92	80	114	107	120	121	81
MARBRE												
Blocs	1000 M ³	ND	24	20	21	19	17	30	22	18	16	
Dalles finies	1000 M ²	ND	266	243	241	253	280	281	224	215	180	
Dérivés	1000 T	ND	99	68	64	64	67	96	110	109	105	
Carbonate de calcium	T											190 004
Or	Kg											597

MEM/DGM/2004

Tableau 2: Évolution des activités minières Algériennes 1994-2004 (Anonyme 4)

II. Conséquence de l'exploitation minière : La Pollution de l'air, le sol et de l'eau

Parmi toutes les substances nécessaires à la vie humaine, l'oxygène atmosphérique est le plus indispensable. Cet élément essentiel à la vie se trouve dans l'atmosphère. La civilisation contemporaine a engendré de façon effective, à l'élévation du niveau de vie, néanmoins, elle a altéré notre environnement particulièrement la qualité de l'air, de l'eau et du sol.

(Masclet.P, 2005).

II.1. Pollution de l'air

II. 1.1 Classification de la pollution

La pollution peut être classée selon la nature du polluant en question. On parle donc de pollution physique, chimique, biologique et les nuisances esthétiques **(P. Popescu et al, 1998)**, ou encore selon le compartiment affecté : la pollution des eaux, du sol et la pollution de l'air.

II.1.2 Définition de la pollution atmosphérique :

«On entend par pollution de l'atmosphère, l'émission dans l'atmosphère, de gaz, des fumées ou de particules solides ou liquides, corrosifs, toxiques ou odorantes de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique ou à nuire aux végétations, la production agricole et aux produits agro-alimentaires, à la conservation des constructions et monuments ou au caractère des sites ». **(J.O. 1983)**

II. 2 Facteurs intervenant dans le transport et la diffusion de polluants:

II. 2.1-Facteurs météorologiques:

Un épisode de pollution est observé lorsque :

- Les émissions de polluants sont importantes
- La météo est défavorable

Il existe quatre situations météorologiques favorisant les phénomènes de pollution :

- Absence de vent ou vent faible
- Chaleur et lumière
- Absence de pluies
- Couche d'inversion basse. **(MASCLET. P, 2005)**

Nous dénombrons trois facteurs prédominants : le vent, le gradient vertical de température et la turbulence. Nous allons voir successivement leurs influences.

II. 2.1.1 Le vent:

Il résulte du déplacement des masses d'air et dilue continuellement la pollution libérée au point d'émission. Une absence de vent contribuera donc à l'accumulation des polluants près des sources. Sa vitesse augmente généralement avec l'altitude. **(MARTIN.J&al, 1988)**

II.2.1.2 Le gradient vertical de température :

Les mouvements des masses d'air sont dus aux différences de densité entre elles. Le gradient de température conditionne ainsi le mouvement ascendant ou descendant d'une couche ou l'absence de celui-ci. La température de l'air diminue généralement avec l'altitude de 1 °C tous les 100 m. (MARTIN.J & al, 1988)

Le gradient vertical de température est également utilisé pour définir la stabilité de l'atmosphère. Si la température décroît trop rapidement, l'atmosphère est instable, ce qui favorise la dispersion des polluants. Une inversion thermique conduira au contraire à de forts niveaux de pollution. Cette inversion peut se produire la nuit quand le sol refroidit rapidement ainsi que l'hiver par temps clair. L'absence de vent en général favorise l'apparition d'une inversion thermique. (MARTIN.J & al, 1988)

II.2.1.3 La turbulence :

La turbulence est l'irrégularité du mouvement du vent. Elle est caractérisée par le croisement des trajectoires des masses d'air et par la superposition d'une fluctuation irrégulière, aléatoire et non reproductible de l'écoulement moyen du vent. Ce facteur est très difficile à traiter mathématiquement. La diffusion tourbillonnaire est le processus de mélange le plus important dans les basses couches de la troposphère. Il provoque la dispersion des polluants dans l'air.

Nous pouvons distinguer deux types de turbulence : la turbulence mécanique (tourbillons créés par la différence de vitesse des masses d'air, ou par le mouvement de l'air qui entre en contact avec des objets), et la turbulence thermique (tourbillons créés par la différence de température des masses d'air). (MARTIN.J, & al, 1988)

II. 2.2 Facteurs physiques :

Il s'agit d'obstacles (relief, bâtiments...) qui modifient le régime des vents. La direction des vents sera déviée autour des obstacles. Le vent pourra suivre des trajectoires préférentielles (Vallée...). La vitesse sera elle aussi modifiée (plus élevée au sommet des ondulations du terrain et plus faible au fond de celles-ci). (AHLVIK, 1997)

II. 2.3 Émission, transport, dégradation et dépôt :

Des polluants primaires sont émis, tels que SO₂, NO_x, CO etc.... ou de la matière particulaire. Puis 3 phénomènes interviennent :

- La dynamique atmosphérique qui est un processus mécanique permettant le transport, le mélange, la dispersion et la dilution des polluants dans l'atmosphère.
- La dégradation chimique ou photochimique des polluants sous l'effet des radicaux de l'atmosphère ou de l'ozone. Les polluants primaires se transforment en polluants secondaires. Ainsi, il se forme des sulfates SO₄²⁻ par oxydation photochimique du dioxyde de soufre SO₂. Il se forme de la matière organique particulaire secondaire par oxydation des hydrocarbures. Ces dégradations s'accompagnent le plus souvent de production d'ozone.

- Les dépôts qui permettent d'éliminer les polluants de l'atmosphère. Il existe 2 types de dépôts :
 - Le dépôt sec dû à la pesanteur. Les polluants se déposent sur le sol, sur les plantes et sur les feuilles des arbres.
 - Le dépôt humide dû aux lessivages des polluants par les pluies, les neiges et les brouillards.

La distribution spatio-temporelle des concentrations atmosphériques des polluants dépend de ces 3 facteurs. **(MASCLET .P, 2005).**

II. 2.4 Type de polluants :

1. Les poussières :

On classe les poussières selon leur effet biologique et leur granulométrie. Les particules nuisibles se subdivisent en quatre catégories à voir :

1. Poussières inertes : elles s'accumulent dans le corps sans provoquer aucune réaction.

2. Poussières toxiques : ce sont habituellement des composés métalliques plus ou moins solubles. Elles peuvent avoir des effets aigus ou chroniques sur certains organes.

3. Poussières allergènes : elles peuvent donner de l'asthme ou de l'eczéma.

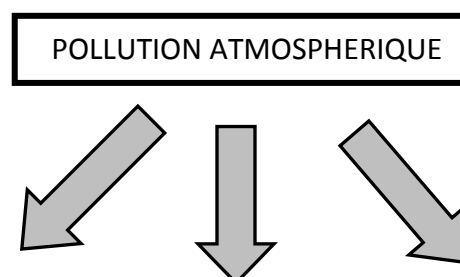
4. Poussières fibrogènes: Elles sont insolubles et sont à l'origine de la fibrose pulmonaire

Les plus dangereuses sont celles de silice libre qui entraînent la Silicose (cas du minerai de fer de l'Ouenza) **(CHERIET.F, 2009)**

a- Autre polluants :

Polluant	Origine	Effet sur la santé	Effet sur l'environnement
Monoxyde de carbone (CO)	Le transport routier	Il diminue la capacité d'oxygénation du cerveau, du cœur et des muscles, nocif pour le fœtus.	Formation de la pollution photochimique
Dioxyde d'azote (NO_x)	Fumée de tabac, les automobiles	Il altère l'activité respiratoire et augmente les crises chez les asthmatiques.	Pluies acides, formation de l'ozone de la basse atmosphère, pollution photochimique.
Le dioxyde de carbone (CO₂)	Combustibles fossiles, automobiles, activités industrielle...	Asphyxie, gelure, dommage ou coma des reins	Gaz à effet de serre
Le dioxyde de soufre (SO₂)	Combustion des combustibles fossiles, la fabrication d'acide sulfurique, l'incinération des ordures. Les volcans	Gaz irritant peut entrainer des crises chez les asthmatiques	Pluies acides, dégradation de certaines constructions, changement des caractéristiques du sol.
Méthane (CH₄)	Fermentation des <u>matières organiques</u> .	Asphyxie	Gaz a effet de serre
CFC Chlorofluorocarbures	Artificiels (aérosols propulseurs, mousses, extincteurs, réfrigérants, etc)		Dégradation de la couche d'ozone
L'ozone (O₃)	Se trouve naturellement dans l'atmosphère	Gaz agressif, fortement irritant pour les muqueuses oculaires et respiratoires.	Perturbe l'activité photosynthétique des végétaux, diminue la productivité des cultures et provoque des lésions caractéristiques, sécheresse pauvreté des sols, contribue à l'effet de serre.
Les composés organiques volatils	Le raffinage du pétrole, le dégraissage des métaux, l'application de peintures et de vernis	Céphalées, nausées, irritations des yeux, du nez, de la gorge et des voies respiratoires, cancérigène.	Précurseurs dans le processus de formation de la pollution photochimique, notamment de l'ozone troposphérique

Tableau 3: Principaux polluants atmosphériques leurs origines, leurs effets sur l'environnement et la santé humaine. (Anonyme6 ; Anonyme7 ; Anonyme8, BLANCHOT ; BUCHDAHL ; CITEPA)



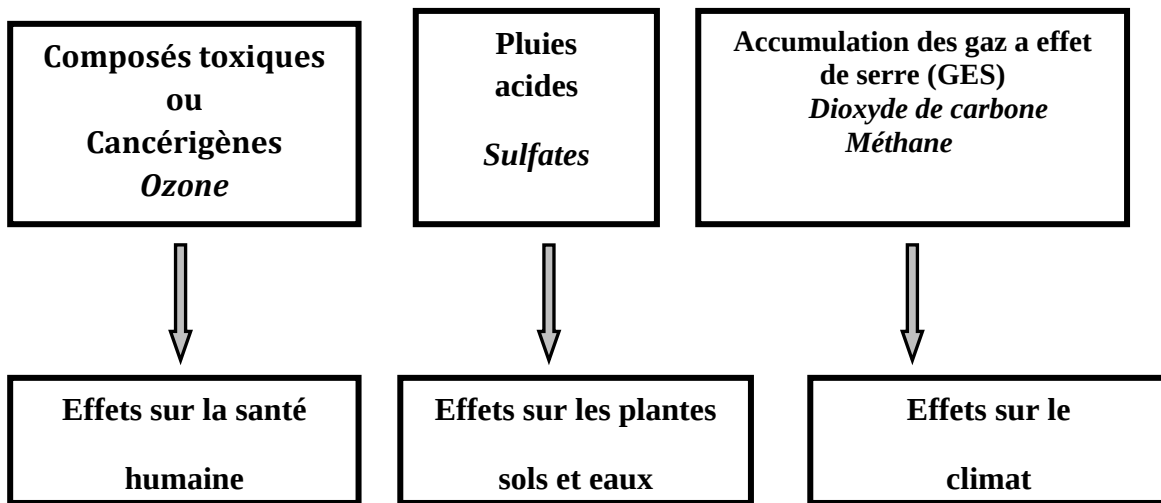


Figure 2 : Conséquences de la pollution atmosphérique (MASCLET.P, 2005)

II. 3 Pollution des sols :

Les sols constituent en bien des cas, un intermédiaire obligatoire entre l'atmosphère et l'hydrosphère, pour une fraction de la quantité totale de chaque polluant que l'homme rejette dans l'air. Contrairement à la pollution atmosphérique qui sévit aussi bien en ville que dans les zones rurales, la pollution des sols affectés par essence les compagnes. Elle est avant tout une conséquence de l'expansion de certaines techniques agricoles modernes.

Les engrais chimiques augmentent certes les rendements, mais leur application répétée à de très fortes doses, conduit à une pollution des sols par les impuretés qu'ils renferment, il en est de même des pesticides minéraux ou organiques. La présence d'un polluant dans le sol n'est pas en soi un danger, le risque apparaît dès lors que ce polluant peut être mobilisé et agit sur l'environnement (faune, flore) ou sur l'homme. **(DUBEY & DWIVIDI, 1998).**

Les métaux lourds peuvent être adsorbés sur la fraction inorganiques des sols, à travers les réactions d'échanges d'ions **(KNOX et al, 2000) ; GADD, 2001)**. Ainsi le sol ne joue pas un rôle de « filtre » et ces métaux peuvent suivre plusieurs cheminements.

Un sol contaminé peut présenter trois types de risques environnementaux qui se traduiront en risque sur la sante humaine :

- 1-** Le contact direct des polluants avec les occupants du sol, pourra avoir des effets nocifs sur le système respiratoire, les irritations aux yeux....
- 2-** Lessivage des polluants par les eaux d'infiltration et transfert des polluants vers les eaux souterraines et superficielles (pollution possible des ressources en eau).
- 3-** Réintroduction des polluants dans la chaine alimentaire par les végétaux et les organismes vivants du sol.

II. 4 Pollution des eaux :

La pollution des eaux consiste en des déversements, écoulements, rejets, dépôts directes ou indirectes de matières de toute nature et le plus généralement tout a fait susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux, en modifiant leurs caractéristiques physiques, biologiques ou bactériologiques, qu'il s'agisse d'eaux superficielles, souterraines ou des eaux de mer, dans la limite des eaux territoriales. (FAURIE et al, 1999 ; RODIER, 1996).

b. Métaux lourds :

2.1. Définition

Les métaux lourds sont des métaux formant des précipités insolubles avec les sulfures. D'autres définitions existent : Métaux dont la masse volumique est supérieure à 6 g.ml^{-1} (parfois la définition donne une limite de 4,5 ou 5,0 g.ml^{-1}) ; métal dont le numéro atomique est supérieur à 20. Les métaux lourds sont réputés toxiques, alors que certains sont des oligo-éléments (Cu, Zn, Fe). C'est pourquoi le terme métal lourd est souvent appliqué à tort à des éléments en raison de leurs toxicités (ANNE T.S& al, 2005).

A. Sources, types des métaux lourds et effets sur l'environnement :

L'exploitation minière génère une production excessive de métaux lourds, et engendre des dégradations et des effets néfastes sur l'environnement (sol, air, eau) et sur la santé humaine **Tableau 4 :**

Métaux	Sources	Effets sur l'air	Effets sur l'eau	Effets sur le sol	Effets sur la Santé humaine
Mercure (Hg)	Combustion du charbon, du pétrole, incinération de déchets ménagers, hospitaliers et industriels.	Intégralement lessivé par les précipitations	Action inhibitrice sur le métabolisme des micro-organismes aquatiques.	S'accumule dans les sols	Troubles du système nerveux (mémoire, fonctions sensorielles de coordination)
Plomb (Pb)	Trafic automobile, fabrication de batteries électriques, la fabrication de certains verres ...	Le plomb qui se trouve dans l'atmosphère retombe avec les pluies sur les sols et les eaux de surface.	S'accumule dans le corps des organismes aquatiques	S'accumule dans les sols, empoisonnement de la faune du sol par le plomb	Perturbations neurologiques, hémato logiques et rénales, Perturbation du comportement des enfants: agressivité, comportement impulsif, hyperactivité.
Cadmium (Cd)	Production de zinc et l'incinération de déchets		Bio accumulé dans les moules, les huîtres, les crevettes, les langoustines et les poissons	Accumulation dans la chaîne alimentaire et qui peut causer la mort.	Affections respiratoires et troubles rénaux Fracture des os

Cuivre (Cu)	Trafic ferroviaire, traitement des déchets, exploitations minières		Interrompt l'activité des sols agricoles, bio accumulable par les animaux, surtout pour les moutons c'est un poison	Bio accumulable par la flore et faune aquatique	Irritation au nez, à la bouche et aux yeux A fortes doses dommages aux reins et au foie et même la mort
Zinc (Zn)	Combustion du charbon et du fuel lourd, La métallurgie, incinération des déchets		Peut interrompre l'activité du sol, bioaccumul ation du zinc dans la chaîne alimentaire	Augmente l'acidité des eaux, bioaccumul ation du zinc dans la flore et la faune marine	Crampes d'estomac; des irritations de la peau, l'anémie. endommage le pancréas et perturber le métabolisme des protéines et provoquer de l'artérioclose à de fortes doses.

(CITEPA; ANNE T.S& *al*; Anonyme 9(modifié))

3. 1 Effets d'une mine à ciel ouvert sur l'environnement et mesures de protection :

L'impact écologique des activités à ciel ouvert peut fortement varier selon la forme d'exploitation (**Tableau n°5**)

Tableau 5 : Les formes d'exploitation à ciel ouvert et leurs principaux effets sur l'environnement

	Extraction à sec	Exploitation par dragage	Plateau continental	Grands fonds marins
Site/paysage	Surfaces dévastées, altération de la morphologie, risque de chutes de pierres sur les gradins, destruction de biens culturels.	Surfaces dévastées, modification de la morphologie et du lit du cours d'eau, apparition de grands terrils.	Modification de la morphologie des fonds marins, érosion côtière.	
Air	Bruits, ébranlements dus aux tirs à l'explosif, le vent, effluents gazeux, suite à l'ignition spontanée de terrils, gaz nocifs, vibration	Bruits liés à la production Surfaces dévastées d'énergie, l'extraction la préparation et le transport, gaz d'échappement des véhicules.	Bruit ; gaz d'échappement	Bruit ; gaz d'échappement
Eaux de surface	Modification du bilan en éléments nutritifs(éventuelle eutrophisation) pollution par les eaux usées contaminées, pollution due au renforcement de l'érosion	Dénitrification : grandes quantités d'eaux boueuses déversées dans le milieu récepteur, pollution par les eaux contaminées.	Turbidité de l'eau, consommation d'oxygène pollution par des eaux usées	Turbidité de l'eau ; consommation d'oxygène ; pollution par les eaux usées
Nappes souterraines	Abaissement du niveau ; altération de la qualité des eaux	Modification du bilan hydrique, altération de la qualité des eaux.		

Sol	Décapage sur le lieu d'extraction, dévalorisation, assèchement, affaissement risque d'envasement après remontée du niveau de la nappe phréatique, érosion	Décapage sur le lieu d'extraction	Altérations des fonds marins : pertes en éléments nutritifs	Pertes en éléments nutritifs
Flore	Destruction de la flore sur le lieu d'extraction, destruction partielle, modification sur le périmètre environnant en raison de la variation du niveau de la phréatique	Destruction de la flore sur le lieu d'extraction		
Faune	émigration	émigration	Destruction d'espèces sous-marines sédentaires (coraux)	Destruction d'espèces sous-marines sédentaires (coraux)
Population	Conflits d'intérêts, effets de colonisation destruction d'aires de villégiature, de stations climatiques etc.	Conflits d'intérêts, problèmes sociaux en période de boom, effet de colonisation	Perturbation de la pêche (destruction de frayère)	Perturbation de la pêche (destruction de frayère)
Bâtiments	Dégâts dus aux remontées d'eau			
Autres	Modification éventuelle du micro climat	Modification éventuelle du micro climat, prolifération d'agents pathogènes dans les eaux dormantes		

(GTZ, 2001)

3.2 .Effets de l'exploitation du gisement ferrifère de l'Ouenza sur l'environnement et sur la santé humaine :

La plupart des composantes de l'environnement peuvent être affectées lors de la réalisation des activités reliées à un projet minier. En effet même si la population est sans contredit la première composante affectée, l'eau, le sol, l'air, la végétation, la faune et le paysage seront touchés avec plus ou moins d'impact selon la dimension du site.

Les impacts susceptibles d'être générés par l'exploitation de cette mine sont comme suit :

➤ Les nuisances de tir :

Les responsables de la mine affirment que les tirs se font selon les normes, mais les riverains ont constaté que les maisons sont fissurées et que les fissures augmentent chaque jour, bien que les tirs ont depuis sa création font partie du quotidien de la population de l'Ouenza.

Les principales nuisances liées au tir des mines :

- Les vibrations liées à la déformation élastique des matériaux.
- Les projections.
- Le bruit ou énergie acoustique.
- La projection de gaz résiduel toxique.
- Les poussières.
- Nuisances physiologiques.

➤ Nuisances sonores :

Dans une mine on peut distinguer :

- ✓ Les émissions sonores dues au matériel de chantier provoquant un niveau de bruit relativement continu et répétitif.
- ✓ Les émissions sonores impulsives et brèves, de valeur beaucoup plus forte généralement.
- ✓ Les émissions sonores provoquées par les engins de transport du minerai et de stérile.

Il est admis que l'utilisation des engins (bulles, camions, chargeurs...) va sans doute générer du bruit audible pour le voisinage. Le niveau de celui-ci sera proportionnel au rythme de travail soutenu et au nombre d'engins travaillant en simultanéité.

Les bruits peuvent provoquer des perturbations psychosomatiques notamment chez le personnel en chantier et risque de détériorer le système d'audition.

➤ Effets de vides créés par les travaux d'exploitation :

L'extraction des substances naturelles nécessitera l'intervention de l'homme sur la configuration initiale de la nature qui est caractérisée par la création des vides que ce qui est à ciel ouvert (fosse) ou souterrains (ouvrages miniers et chambres vides).

Ce changement au niveau de l'état initial du site minier, outre l'intérêt industriel économique d'extraction des substances utiles à un impact négatif sur l'environnement qui se traduit comme suit :

1. Impact sur la faune et la flore existante avant l'exploitation.
2. Impact sur le paysage naturel initial de la région du site.
3. Impact sur les nappes d'eaux souterraines, en cas de la région du site.
4. Impact sur le réseau hydrique de surface.
5. Impact sur la stabilité du terrain (glissement, fissuration et affaissement).
6. Impact sur la sécurité des personnes et des espèces animales.
7. Impact sur la stabilité des constructions, ouvrages d'art, route...etc. situé dans la limite de la zone d'affaissement.

- Impact des installations sur l'environnement :

-Incidences :

D'une façon générale, l'incidence des activités des installations minières sur l'environnement se présente sous les formes suivantes :

- Pollution des eaux et des sols ;
- Émission de poussières,
- Nuisances sonores,
- Valorisation des résidus ou évacuation des déchets

➤ Émissions gazeuses :

Véhicules, pollution, contamination de l'atmosphère liée à un trafic routier intense, provoquée principalement par la combustion de combustibles fossiles (en particulier de pétrole sous forme d'essence et de diesel).

La pollution qui est due au trafic intense au niveau des pistes de roulage reliant les différents quartiers de la mine, est une source d'inquiétude. L'absence de la mise en place d'un système de suivi des indices de pollution. Les conditions les plus défavorables surviennent lorsqu'un trafic important coïncide avec un temps chaud et sans vent, en particulier à l'intérieur même des véhicules, ces derniers recevant l'air pollué des véhicules qui les précèdent. **(Cheriet.F, 2009)**

La pollution diminue très rapidement dès que l'on s'éloigne de la piste de roulage, surtout s'il y a du vent, même faible. Outre l'inhalation des polluants qui peut nuire gravement à la santé, la pollution des véhicules pose un autre problème d'environnement. En effet, certains de ces produits chimiques libérés réagissent entre eux et produisent de faibles quantités d'Ozone. L'Ozone contribue lui aussi au réchauffement de la planète, et constitue l'une des causes des pluies acides qui détruisent la végétation, dans des régions parfois très éloignées de la source d'émission. La circulation des engins génère des pollutions atmosphériques par le dégagement des gaz d'échappement tels que le monoxyde et le dioxyde de carbone et les

oxydes de soufres qui viennent s'ajouter en période sèche aux poussières. La dilution des polluants dans l'atmosphère est assez rapide vu qu'il ne s'agit pas d'un milieu fermé.

(Cheriet.F, 2009)

➤ **Enquête de gêne du voisinage :**

Il est à signaler qu'au niveau de la mine de l'Ouenza, les principales sources d'émissions gazeuses qui ont un impact négatif sur le voisinage. Les cités qui sont limitrophes aux axes des pistes de roulages sont exposées journallement aux sources de nuisances d'émissions gazeuses et les répercussions néfastes sur leur état de santé et d'une manière générale sur la qualité de vie.

Les concentrations d'émissions gazeuses ne sont pas, bien sûre, permanentes; elles varient de façon aléatoire en fonction du climat, du sens de circulation des vents dominants locaux et saisonniers et en fonction de la densité du trafic durant le premier poste et le deuxième poste de production.

Parmi les principaux postes de travail qui sont sources d'émanation de poussière ponctuelles :

1. Lors du concassage du minerai de fer
2. Lors du convoyage par bande transporteuse
3. Au niveau des trémies de réception et au niveau de la gare de chargement
4. Rames des wagons chargés
5. Lors du trafic intense des engins (chargement, transport et terrassement)

- **Les poussières :**

La poussière pose un problème très crucial aux habitations avoisinantes et au niveau personnel activant au niveau de la carrière.

Le mouvement permanent des équipements et engins de carrière et de la station de concassage émet des poussières d'une grande densité.

➤ **Effet des poussières :**

La terre et son atmosphère constituent un système presque parfaitement clos qui est la niche écologique commune à tous les êtres vivants. Ces derniers sont sensibles à tous les changements anormaux de la composition de la biosphère. Une augmentation plus forte entraîne une morbidité puis une mortalité croissante. **(Beggari.N & al ; 2010)**

- Les effets des poussières sont multiples à savoir :

- 1. Effets sur la santé humaine :**

Il s'agit d'une maladie professionnelle et c'est une affection broncho-pulmonaire, provoquée par l'inhalation de poussières de silice. Le travail dans les mines (creusement des galeries) expose particulièrement au risque de la silicose. **(LAROUSSE, 1976)**

Tableau 6 : Concentration des poussières dans certains postes de travail de la mine.

Unité	Lieu de Prélèvement	Poste de travail	Concentration moyenne des poussières (mg/m)	
			Total	Respirable
O U E N Z A	1. Concasseur	➤ Surveillance de l'installation	09.60	07.18
		➤ Concasseuriste	11.13	08.32
	2. La navette (la bande)	➤ Conducteur de navette	07.25	05.42
		➤ Sondeur	06.91	05.16
	4. Chargement sur train	➤ Poste de manipulation	10.61	07.93

(CHERIET.F, 2009)

Les résultats de prélèvement affichés sur le tableau précédent (**Tableau n°7**), montrent que les lieux de prélèvements représentent des sources d'émission de poussières respirables, dépassent les valeurs des seuils limites arrêtés par la norme sanitaire connus universellement.

Donc, les agents affectés aux lieux cités en dessus sont les plus exposés aux risques des maladies liées à la poussière (pneumoconiose) comme le montre les résultats dans le **Tableau n°8** des agents silicosés au niveau de la mine (1992-2002).

Tableau 7: Le nombre d'agents silicolisés au niveau de la mine de l'Ouenza, déclaré par le médecin de travail de la mine (CHEREIT.F, 2009) :

Année	Nombre d'agents	Nature de la maladie
1992	39	Silicose
1993	09	Silicose
1994	25	Silicose
1995	17	Silicose
1996	08	Silicose
1997	07	Silicose
1998	05	Silicose
1999	02	Silicose
2000	23	Silicose
2001	25	Silicose
Début 2002	24	Silicose

2. Effets sur le paysage :

Étant installée dans une région dont la nature du sol est à caractère marginal et apparente sur la route nationale n°82 coté Sud-est, l'unité de traitement mécanique du minerai de fer est considérée comme source de nuisance pour les habitants de la ville de l'Ouenza.

(Dubourdieu, 1956 ; Chain.R, 2006)

L'effet des poussières en général sur les constructions consiste en une altération et dégradation superficielle qui se traduit par une exfoliation successive des croûtes d'altération par transformation du matériau en produits sableux et friables et se manifeste par la dégradation de l'état de surface par dépôt d'une couche de poussière rougeâtre sur des routes, trottoirs, ouvrages, murs et toits des constructions et une dégradation nette du paysage d'une manière général. Ces effets sont enregistrés au niveau du village de l'Ouenza surtout dans les bâtiments avoisinants la mine.

Souvent, on enregistre des pannes de certains organes et machines dues à l'accumulation des poussières fines ce qui diminue leur disponibilité et leur productivité



Figure 3 : Etat de dégradation des constructions.

3. Effet sur le tourisme :

Il est évident, qu'une région minière en activité, n'encourage et n'attire pas toute réflexion dans le domaine du tourisme, et ce due à l'existence d'une atmosphère polluée par la poussière et autre. L'inexistence des patrimoines culturels importants et autres dans la région, reporte toute réflexion dans le domaine du tourisme.

3. Pollution des eaux et des sols :

L'alimentation en eau du site provient de la station de pompage de Souda à hauteur de 4459m³/an environ. La majeure partie de l'eau consommée est employée pour les besoins de lavage, arrosage et domestique. Elle ne donne lieu à aucun rejet, 700m³ environ sont utilisés à es usages sanitaires et environ 3759 m³ à des activités de lavage de véhicules et arrosage des pistes et domestique. **(CHERIET. F, 2009)**

La zone étant reliée au système d'assainissement collectif de la commune de l'Ouenza les rejets y sont évacués. Les eaux pluviales des toitures ne sont pas collectées, elles sont orientées en direct vers la nature.

Le rejet des eaux de lavage, les huiles de vidanges, les carburants et les solvants d'entretien, entraine une pollution à long terme des nappes. Ces polluants pouvant avoir une vitesse de progression dans le sol de l'ordre de 10 fois celle de l'eau.

I.8 Législation et norme de qualité de l'air en Algérie :

Pour prévenir et réduire les pollutions et les nuisances, l'Algérie dispose d'un arsenal juridique important qui s'articule autour de la loi cadre sur la protection de l'environnement 83-03 du 05 février 1983, qui a été suivie par toute une série de textes d'application.

Mais, au plan pratique, l'abondance de normes juridiques, n'a pas toujours été suivie d'une réelle application sur le terrain.

Ce dispositif juridique se résume comme suit :

Le décret N° :93-165 du 10/07/1993, régit les émissions atmosphériques de gaz, de fumées ou de particules solides ou liquides, corrosifs, toxiques ou odorantes, de nature à incommoder la population, à compromettre la santé ou la sécurité publique, ou à nuire aux végétaux et à la production agricole ainsi que la conservation des constructions et des monuments historiques et naturels.

Le décret N° 88-149 du 26/07/1988, définit la réglementation applicable aux installations classées et fixe leur nomenclature.

Les installations classées sont soumises aux dispositions de la présente loi : les usines, ateliers, chantiers, carrières, et d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients, soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publique, soit pour la conservation des sites et monuments.

Ce décret définit trois (03) classes d'installation suivant la taille, la gravité des dangers et les inconvénients que peuvent présenter leurs exploitations.

1. Les installations soumises à l'autorisation du ministre chargé de l'environnement.
2. Les installations soumises à l'autorisation du Wali territorialement compétent.
3. Les installations soumises à une simple déclaration du président de l'APC.

Pour ce qui est du décret N° 84-378 du 15/12/1984, il fixe les conditions de nettoyage, d'enlèvement et de traitement des déchets solides urbains.

Un déchet, au sens de la présente loi, est relatif à tous résidus d'un processus de production, de transformation ou l'utilisation, toute substance, matériaux, produit ou plus généralement tout bien, meuble abandonné ou destiné à l'abandon.

La loi fait l'obligation à toute personne physique ou morale produisant ou détenant des déchets d'en assurer ou d'en faire assurer l'élimination dans les conditions propres afin d'éviter les effets nocifs sur le sol, la flore, la faune, l'atmosphère, les ressources en eau, la santé de l'Homme, à dégrader les sites ou les paysages, à engendrer des bruits et des odeurs.

Au cas où les déchets sont abandonnés, déposés ou traités contrairement à cette prescription, il est procédé d'office à leur élimination au frais du contrevenant.

Mais, il faut dire que le droit à lui seul est incapable de résoudre tous les conflits d'intérêts que suscite la problématique environnementale.

L'action législative et réglementaire, par ailleurs incontournable, exige, pour produire des effets probants, qu'elle soit accompagnée par d'autres actions, de recherche, d'études, d'intervention directe sur le terrain et surtout d'information et de sensibilisation. **(J.O, 1983**

I.9 Normes international de qualité de l'air :

L'Union Européenne a fixé des normes concernant les concentrations de polluants dans l'air ambiant :

> Le dioxyde de soufre (SO_2) et les particules en suspension ont été réglementés en 1980. La valeur à ne pas dépasser 7 jours par an (en moyenne sur 24 heures) est de 250 ou 350 microgrammes par m^3 pour le dioxyde de soufre selon le niveau de particules en suspension (inférieur ou supérieur à 150 microgrammes par m^3).

> Pour le dioxyde d'azote (NO_2), une directive a également fixé en 1985 une valeur limite horaire de 200 microgrammes par m^3 d'air (percentile 98 annuel des valeurs moyennes horaires, c'est-à-dire valeurs ne pouvant être dépassées que 2 % du temps soit 7 jours par an).

> Pour le monoxyde de carbone, la moyenne sur 8 heures doit être inférieure à 10000 microgrammes / m^3 (objectif valeur en microgrammes par m^3 air, en 1998).

> Pour le plomb (1982), la teneur limite a été fixée à 2 microgrammes par m^3 en moyenne annuelle.

> Une directive européenne plus récente (1992) concernant l'ozone (O_3), a défini 3 seuils (objectif valeur en microgrammes par m^3 air) :

1. Seuil de protection de la santé 110 sur 8 heures.
2. Seuil d'information de la population 180 sur 1 heure.
3. Seuil d'alerte de la population 360 sur 1 heure.

(DECRET, 1998)

Chapitre II

MATERIELS ET METHODES

1- Présentation de la zone d'études

1.1 Le gisement ferrifère de l'Ouenza :

Le complexe minier de djebel l'Ouenza est une unité de production du minerai de fer. La principale activité de la société est la production du produit marchand de ce minerai et leurs commercialisations par chemin de fer vers le complexe sidérurgique d'El Hadjar de la Wilaya de Annaba. La mine d'el Ouenza est la plus grande mine d'Algérie avec une réserve de 120 millions de tonnes de minerai d'une teneur de 55% en moyenne. C'est une unité de production de EN FERPHOS (entreprise national du fer et du phosphate) créée par le décret 82-448 du 16juillet 1983. (CHAIN .R, 2006)



Figure 4: Photo représentant le gisement ferrifère de l'Ouenza 12/01/2011

1.2 Historique de la mine de l'Ouenza

Bien que le gisement de l'Ouenza fût depuis l'époque romaine comme le témoigne les vestiges existants (les galeries) au niveau des cartiers (Douamis), cette exploitation concerner le cuivre, mais ce n'est que vers 1875 que le gisement de fer de l'Ouenza entre dans l'histoire, et depuis, l'intérêt pour ces gisements de fer s'est accru. En, effet en 1875 l'ingénieur des mines TISSOT signala l'importance des effleurements de minerai de fer de l'Ouenza. Le premier permis de recherche de fer au minerai de l'Ouenza a été accordé en 1878.

- 1901 prospecteurs PASCAL obtiennent la concession des (DJEBEL L'OUENZA)
- En 1913 constitutions de la société de l'Ouenza française.
- En mai 1966 la nationalisation des mines.
- En 1967 début d'aménagement des installations de (SKIP) pour le déblocage des minerais en provenance de la partie amont gisement.
- En 1970 achèvement de (SKIP) et création de la SONAREM (société nationale de la recherche et de l'exploitation minière) qui fait les recherches, la gestion et l'exploitation de

toutes les mines en Algérie.

- La fin de la seconde guerre mondiale, l'exploitation s'est intensifiée considérablement avec l'introduction de la grosse mécanisation et surtout en raison de la forte demande des sidérurgistes européens en vertu de ses qualités exceptionnelles.
- La nationalisation des mines en 1966 avec le départ massif des cadres européens n'avait en aucun cas ravis la place traditionnelle du minerai de l'Ouenza sur le marché international de même qu'elle n'a pas empêché la mine de Constantine sa mission de production grâce à la volonté de ses travailleurs qui ont su relever le défi. **(CHERIET. F, 2009)**



Figure 5: Le gisement ferrifère de l'Ouenza

1.3 Situation géographique :

La Daïra de l'Ouenza se trouve à 90km au nord du chef lieu de la Wilaya de Tébessa. Elle est située à 120 kilomètres au Sud-sud-est d'Annaba. Elle est aussi limitée à l'est par la frontière Algéro-tunisienne et au nord par la wilaya de Souk-Ahras, et est limitée par deux oueds appelés respectivement « Oued Mellegue » et « Oued Kseub ». Elle est reliée à Annaba par la route nationale N°82B et une voie ferroviaire par laquelle est acheminée toute la production de l'unité de l'Ouenza vers l'installation portière ou elle serait expédiée vers le complexe sidérurgique d'El-Hadjar. **(CHERIET. F, 2009)**

Le gisement ferrifère de l'Ouenza repose sur le flanc nord d'un massif montagneux qui culmine à 1288m au niveau du pic, il est d'environ 12km de longueur sur 5km de largeur. Les amas métallifères se présentent sous la forme de mamelons grossièrement elliptiques. Ils comprennent successivement du nord-est au sud-ouest : le coudiat Douamis, le Coudiat Hallatif, la région des conglomérats, le quartier Sainte-barbe, le gisement de Chagoura et le coudiat Zerga. Le minerai affleure sur des longueurs atteignant parfois 250 mètres et des hauteurs de 45 mètres, réalisant les conditions types pour l'exploitation à ciel ouvert. **(CHAIN. R, 2006).**



Figure 6 : Situation géographique de la ville de l'Ouenza (image Google earth d'une altitude de 220,01km)

1.4 Géologie :

Le massif de l'Ouenza fait partie des confins Algéro-tunisiens qui sont géologiquement connus par leur caractère presque exclusivement sédimentaire. Les formations les plus anciennes exposées en surface sont les évaporites entremêlées (marnes bariolées à gypse, blocs de dolomies plus ou moins stratifiées, calcaires, cargneules, grès et rarement des ophites) du trias.

Le complexe minier de l'Ouenza est caractérisé par de nombreux gisements ferrugineux, représenté par: Chagoura Sud, Chagoura Nord, Saint Barbe). Conglomérats, hallatif, Douamis, Zerga, kahkouh, Dubordieu, Mrah el maiz, Souda et d'autres indices. **(CHERIET.F, 2009)**

La structure du massif de l'Ouenza correspond à un anticlinal dissymétrique de direction NE-SW avec une terminaison périclinale vers le SW. Son flanc sud-est se redresse près de la terminaison périclinale (Koudiate Tébagha) et devient chevauchant au sud-est (Koudiat el Kahkouh). L'ensemble de cette structure est affecté par des failles inverses et décrochantes de directions WSW-ENE et WNW-ESE. La présente structure du massif est due aux effets de la poussée diapirique du trias. **(BOUZENOUNE.A, 1993)**

Outre les concentrations ferrifères considérées comme les plus importantes en Algérie, des minéralisations polymétalliques à Cu-Pb-Zn-Ba-F, d'ordre économique moindre, sont signalées dans certains secteurs du massif. Ces gîtes sont généralement encaissés dans les calcaires à caractère récifal de l'Aptien : « les calcaires à miliolites ». **(CHAIN.R, 2006)**

Le minerai de fer est constitué principalement d'hématite et sa teneur moyenne en fer est de 50 à 60 %, elle contient en outre 2 % de manganèse, 0,005 % de phosphore, 0,03 % de soufre, 0,02 à 0,03 % de silice et accompagnée par d'autres oxydes et hydroxydes de fer.

Il occupe généralement la charnière de l'antiforme de l'Ouenza au niveau des calcaires à Miliolites. L'exploitation du minerai de fer se fait à ciel ouvert suivant un chapelet de carrières implantées suivant l'alignement de l'arête antiforme appelée « axe du 6 mai » et représenté par les quartiers de Douamis, Hallatif, Conglomérats, sainte barbe, ilot, chagoura nord, chagoura sud et le pic. (Chain.R, 2006)



Figure 7: Photos montrant les différents horizons du gisement ferrifère de l'Ouenza

L'hématite exploitée est considérée comme le produit d'oxydation des carbonates situés sous le niveau hydrostatique. Elle se présente soit sous une forme pulvérulente de couleur bleue ou noire rougeâtre, soit en masse terne sans cristaux apparents ou encore en masses homogènes mais laissant apparaître une trame rhomboédrique héritée du minerai carbonaté. La goethite forme des encrustements à surface mamelonnée. Elle accompagne souvent l'hématite et elle est très fréquente dans les géodes et zones de fracture.

La limonite, quant à elle, est souvent associée à la goethite, notamment dans les zones bréchiques et de fracture. Elle correspond en fait à des argiles imprégnées de limonites. Quant aux carbonates de fer, elles sont représentées par la sidérite et l'ankérite qui montrent souvent un aspect bréchiques. (Chain.R, 2006)

Tableau 8 : État récapitulatif des réserves géologiques actualisées au 31/12/2007 (CHERIET.F, 2009).

SITE	RESERVES EN TONNE	TENEUR EN Fe%
Chagoura Nord	21071817	48,87
Chagoura Sud - Pic	22408212	49,51
Saint Barbe	13224377	47,7
Conglomérat	6011290	47,4
Hallatif	4931028	51,00
Douamis	11419058	53,00
Zerga	3405440	42,7
TOTAL	82 471 222	-----
Moyennes	-----	49,19

1.5 Réseau hydrographique :

En dehors de la source thermale de Hammam sidi Yahia située à 11.5 km à vol d'oiseau au S.O de la mine de l'Ouenza, de quelques suintements à la base des grès miocène et des quelques rares sources localisées dans les oueds, les points d'eau naturels dans la région de Ouenza sont très rares. **(Chain.R, 2006)**

On a une nappe aquifère souterraine de SOUDA qui alimente la mine en eau. Toutes fois, du côté Est, dans la plaine du Douar El Meridj, on aperçoit l'existence de quelques puits isolés dont l'eau est salée. Le réseau hydrographique est représenté principalement par les cours de Oued Mellègue au nord et Oued Kseub au sud-est, distants respectivement de 3.5 km et 6.5 km à vol d'oiseau de la mine. **(Cheriet.F, 2009)**

Hormis les cours d'eau cités ci-dessus, la région de Ouenza est parsemée d'un enchevêtrement de ravins suivant une direction préférentielle N.O-S.E qui se déversent durant les périodes pluviales dans les oueds, Mellegue pour le versant N.O et Oued El Kseub pour le versant S.E. **(Chain.R, 2006)**

Le comportement hydrogéologique des terrains existants à Ouenza ; se résume comme suit :

Les terrains triasiques contenant du gypse et du sel et du fait de leur hétérogénéité sont perméables dans lesquels les eaux s'infiltrent et y circulent mais deviennent saumâtres et conviennent donc que pour l'emploi industriel. Les calcaires s'ils sont fissurés, permettent l'infiltration des eaux et même leur circulation. **(Dubordieu.G, 1956)**

1.6 Etude climatique

Le climat moyen correspond à l'ensemble des conditions qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu ou une région donnée **(Guyot, 1999)**

Plusieurs facteurs interviennent dans la diffusion et la dilution des polluants :

a- Les facteurs météorologiques :

Qui ont un rôle particulièrement important et qui sont: le mouvement, la température, la turbulence et les précipitations. En revanche, l'humidité, les nuages et certains autres phénomènes météorologiques peuvent contribuer d'une manière secondaire à maintenir la pollution à un niveau élevé.

b- Les facteurs topographiques:

L'existence de certaines formes de relief, végétation, construction, ainsi que la nature particulière des matériaux qui recouvrent la surface du sol constituent une autre série de facteurs dont dépendent la diffusion des polluants et l'autopurification de l'air, aussi bien directement que par l'intermédiaire des facteurs météorologiques. **(MATEI.B, 1974)**

1.6.1 Température

Les données sur la température on dispose, sont des valeurs moyennes mensuelles et annuelles, mesurées à la station de Tébessa sur une période de 10 ans (1992-2001).

Le climat de Tébessa est caractérisé par un hiver froid et un été chaud durant une période de 10 ans on constate que la température moyenne peut atteindre un maximum de 26.09°C au mois de juillet et son minimum au mois de janvier avec une moyenne de 6.47°C.

Tableau 9: Températures moyennes mensuelles et annuelles exprimée en (°C) de la station de Tébessa (1992-2001).

Moy Année		Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
1992	5.5	6.8	11.6	10.4	14.2	21.8	26.3	25.6	21.9	18	12.1	7.8	177
1993	4.7	7.6	9.4	11.8	16.3	20.9	23.9	25.7	22.3	19.1	11.1	7.7	180,5
1194	5.2	5.6	8.7	13.9	19.2	24.8	20.8	27	23.6	16.7	13.2	8.1	134,2
1995	7.5	8.9	11.9	11.8	21.8	24.2	27	28.6	23.2	16.3	11.3	9.8	202,3
1996	5.7	10.3	9.2	12.7	20.1	22.9	27.1	24.6	20.5	15	12.9	10.2	242,5
1997	9	6.3	10.1	12.4	18.2	20.8	25.9	26.6	23.2	17	11.8	8.5	189,8
1998	8.7	9.3	9.2	12.2	20.4	26.6	27.8	25.2	23.6	15	10.2	6.3	194,5
1999	7.2	8.2	10.1	15.1	17.7	24.6	26.2	25.7	22.1	19.2	11.1	7.1	194,3
2000	7.1	5.8	9.3	14.3	22.1	25.8	27.5	28.9	22.3	15.9	12.8	9.4	201,2
2001	4.1	7.8	9.8	16.1	21.0	22.4	28.4	26.8	21.2	21.1	11.8	6.8	197,3
Moy	6,47	7.66	9.93	13.07	21,28	23,48	26.09	26.47	22.39	17.33	11. 83	9,17	191,36

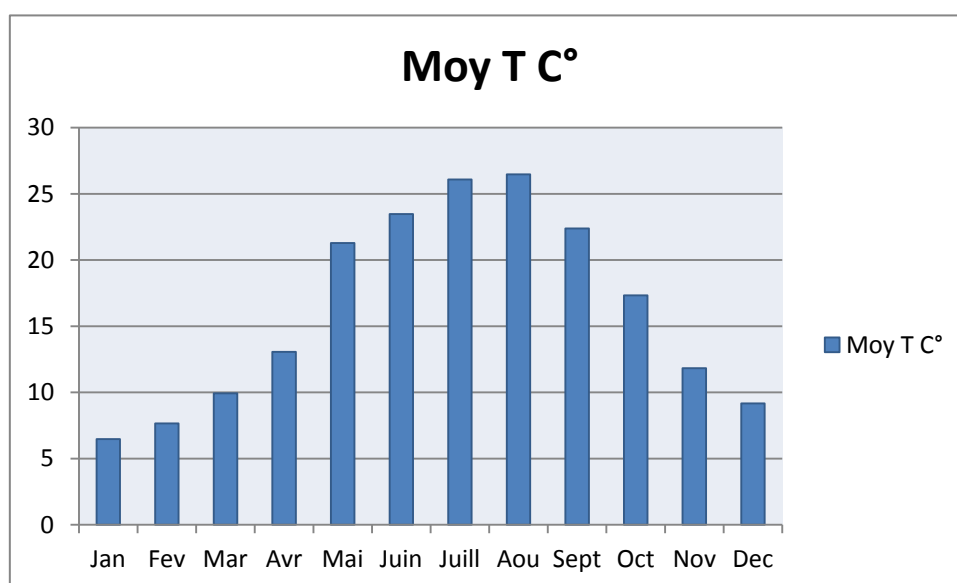


Figure 8: Les moyennes mensuelles des températures exprimées en (°C) de la station de la station de Tébessa (1992-2001).

🌈 L'observation de **la figure N°8** permet de distinguer que le mois le plus chaud est le mois de aout et le mois le plus froid est le mois de janvier.

1.6.2 Précipitation

Le **tableau 10** représente des précipitations moyennes mensuelles pour une période de 10 ans (1992-2001), nous montre un régime pluviométrique mensuel irrégulier d'un mois à l'autre.

Tableau 10 : Précipitations moyennes mensuelles et annuelles exprimées en (mm) de la station de Tébessa (1992-2001).

Moy année	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
1992	30.3	12.8	54	43	67.8	14.4	6.4	65.6	51.2	28.4	61.6	48.4	483,4
1993	34	29.9	24.3	43.6	82	23.2	13.4	4.5	22.7	3.8	16.8	28.7	326,9
1994	9.3	27.9	21.4	2.6	31.1	12.8	20.1	1.8	7.2	66.8	0.6	6.8	208,4
1995	31	23.9	19.4	23.3	41	2.4	4.5	11	149.7	39.7	26.6	18.2	390,7
1996	24.7	3.0	32.2	22.1	7.4	73.9	1.7	44.1	12.4	4.1	1.2	15	241,8
1997	24.9	72.9	56.3	47.8	30.2	38.9	13.2	30.3	64	72.5	45.2	21.5	517,7
1998	31.6	7.1	18.9	46.8	61.1	10.3	20.2	23.7	78.6	36.2	55.1	14.5	404,1
1999	22.3	10.2	28.7	29.2	16.7	31	00	15.1	22.1	81.5	64.6	34.5	335,9
2000	56.4	11.7	45.6	15.4	30.9	16.9	18.9	33.7	51	18.3	17	13.7	329,5
2001	3.7	4.1	10	14.7	86.5	76.4	21.6	18.8	55	10.7	23.3	7.1	331,9
Moy	32,5	20,35	31,08	28,85	45,47	29,98	12	24,86	51,39	36,2	31,2	15	357,03

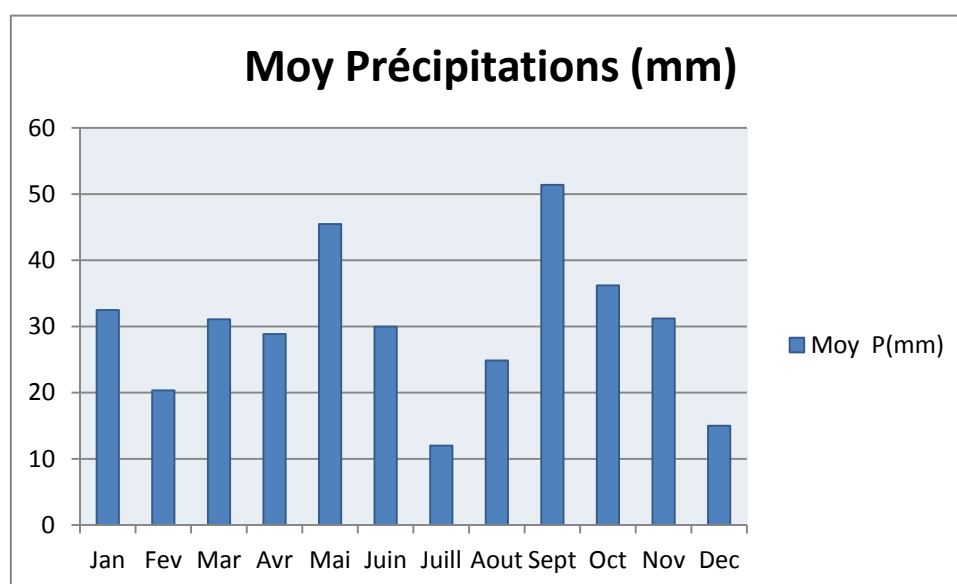


Figure 9: Les moyennes mensuelles des précipitations exprimées en (mm) de la station de Tébessa (1992-2001).

La répartition mensuelle fait ressortir un maximum de précipitation en septembre et mai avec un minimum se produisant au mois de juillet et décembre.

✚ Le maximum des précipitations est enregistré au mois de septembre (51.39 mm) par contre le minimum enregistré au mois d'août 12 mm La moyenne interannuelle des précipitations pour cette période est de 357,03 mm on constate que l'année la plus pluvieuse est 1997 avec une moyenne de 517.7 mm et le minimum enregistré en 1994 avec une moyenne de 208,4 mm.

1.6.3 Vent

La région de Tébessa est connue par des vents violents et fréquents direction diverses. Les prédominants sont de direction "Ouest Nord Ouest". La période (novembre à avril) et Sud Ouest dans la période des plus significatifs de juillet à août.

Tableau 11: Vitesses des vents moyennes mensuelles et annuelles exprimées en (m/s) de la station de Tébessa (1992-2001).

Moy Anné	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
1992	3.14	4.75	4.61	5.68	3.4	10.27	7.64	3.35	1.72	11.29	6.68	10.3	72,83
1993	9.32	11.42	19.4	13.48	3.67	11.54	14.62	2.58	10.62	4.62	11.31	10.03	122,61
1994	10.41	11.1	3.48	3.21	1.97	11.46	2.4	9.25	5.02	11.49	4.16	10.58	84,56
1995	9.12	4.63	11.6	10.17	8.98	11.25	11.46	3.39	5.56	8.7	8.36	13.59	115,79
1996	4.23	8.93	11.44	8.14	11.35	11.44	8.09	10.36	10.62	8.93	11.45	10.21	115,19
1997	8.22	8.92	11.36	3.49	3.05	11.43	8.25	5.35	8.12	11.29	11.57	11.43	102,48
1998	11.42	10.38	11.12	11.23	11.56	11.47	10.88	14.52	6.93	7.9	9.54	11.34	128,29
1999	1.85	1.00	11.46	9.36	3.4	10.52	11.43	11.43	11.42	10.51	11.55	11.47	105,04
2000	9.24	11.46	10.2	10.59	10.57	9.48	6.87	1.2	5.09	7.04	10.32	23.13	115,01
2001	11.38	11.54	11.54	9.34	10.54	1.12	5.71	9.34	6.79	4.71	9.04	9.34	88,85
Moy	7.83	8.41	10,62	8.46	6.84	9.99	8.73	7,07	7,18	8,64	9.39	12,14	105,06

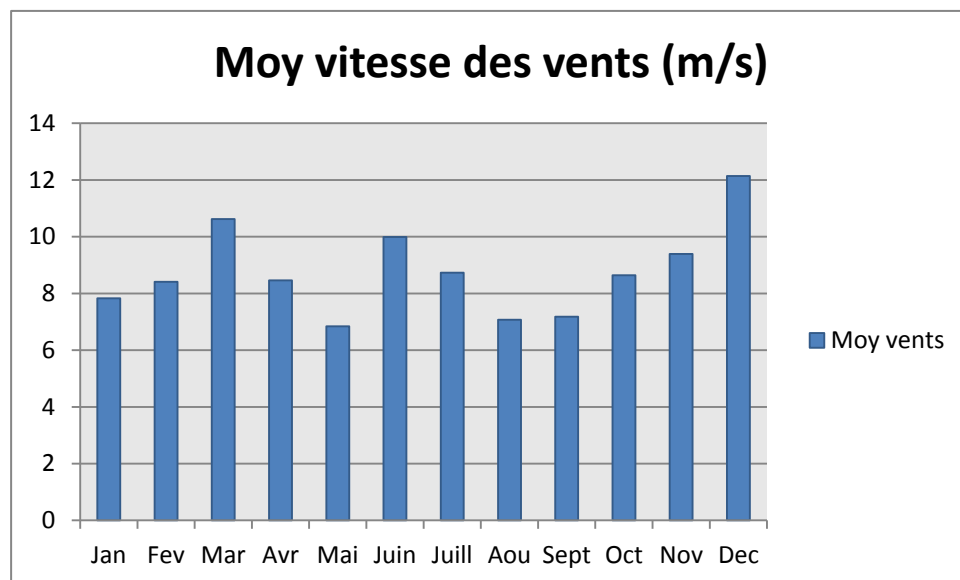


Figure 10: Les moyennes mensuelles des vitesses des vents exprimées en (m/s) de la station de Tébessa (1992-2001).

✚ L'observation générale des fréquences des vents souligne que les vitesses des vents les plus élevées sont marquées pendant le mois de décembre durant la période (1992-2001) et les vitesses les plus basses sont marquées pendant le mois de mai.

1.6.4 Humidité

L'humidité relative de Tébéssa varie entre un maximum de 71.48% mois de décembre et un et minimum de 39% au mois de juillet.

Tableau 12: Humidité relative moyennes mensuelles et annuelles exprimée en H% de la station de Tébéssa (1992-2001).

Moy Anné	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Total
1992	80	72.4	67.1	75.9	64.6	51.1	42.2	44.2	53.9	52.1	67.2	69.1	739,8
1993	76.9	74.3	72.1	63.5	62.6	50	47.4	42.2	47.8	47.2	69.2	72.1	725,3
1994	73.4	77.1	64.7	54.6	49.9	42.9	46	39.1	49.4	70.2	64.5	70.3	702,1
1995	70.7	56.1	58.1	55	39.1	39.4	33.5	33.7	61.1	67.7	61.7	72.1	648,2
1996	71.9	61.8	61.8	54.7	43.3	50.9	40.2	14.6	53.9	61.1	54.2	54.2	622,6
1997	65.8	71.5	68.2	66.2	55.3	53.5	38.7	45.9	67	70	75	74	751,1
1998	65.3	62.4	63	64	43.7	42	40	50.8	58	65	60	74	688,2
1999	72.3	69	60.8	50.9	56	37	32	55.4	51.9	56.8	64.4	74.5	681
2000	73	72.4	60.7	54.3	43.3	42	40.5	39.6	53	65.3	66.2	61.9	672,2
2001	73.1	63	55.9	50.3	59	50	38.5	40	62	54	70	70.1	689,5
Moy	72,24	68	63,24	58.94	51.68	48,88	39,9	40.55	55,8	60,94	65,24	69,23	692,3

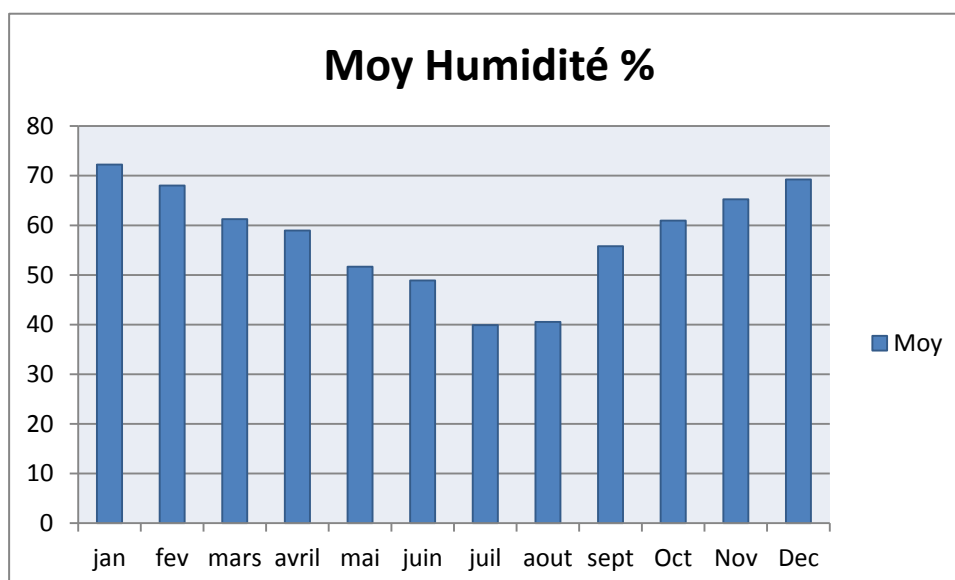


Figure 11: Les moyennes mensuelles de l'humidité relative exprimées en H% de la station de Tébéssa (1992-2001).

✚ On constate que l'humidité relative est plus importante pendant le mois de janvier et diminue pendant le mois de juillet.

1.6.5 Courbe pluvio-thermique

Tableau 13: Température moyenne mensuelles interannuelles et précipitation moyennes mensuelles interannuelle de la station de Tébessa (1992-2001).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T(°C)	6,47	7.66	9.93	13.07	21,28	23,48	26.09	26.47	22.39	17.33	11. 83	9,17
P(mm)	32,5	20,35	31,08	28,85	45,47	29,98	12	24,86	51,39	36,2	31,2	15

La détermination de la période sèche est réalisable selon le mode de représentation introduit par Gaussen (1954) qui consiste à comparer mois par mois le rapport entre les précipitations et température pour cela on porte sur un même graphique la courbe des moyennes mensuelle des températures et celles des totales mensuelles pluviosités établies à une échelle telle que 1°C correspond à 2 mm de pluies (**Ozenda, 1982**). Les données de **tableau 13** pour la station de Tébessa ont été utilisées pour la construction de ce diagramme (**Fig. N°12**). Le climat de la région se caractérise par deux périodes:

- ❖ Période sèche relativement courte qui dure du mois de mai jusqu'au mois de Septembre.
- ❖ Période humide qui commence du mois d'Octobre jusqu'au mois d'avril.

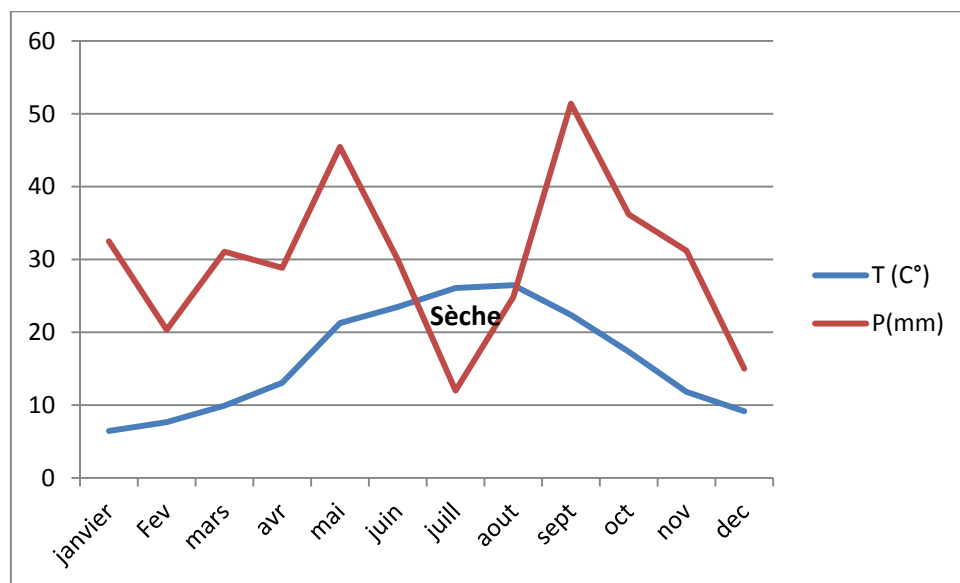


Figure 12: Diagramme Ombrothermique de la station de Tébessa (1992-2001)

Durant cette période nous aurons une pluviométrie qui pourra participer à la recharge des nappes sous forme d'infiltration et alimenter les cours.



Conclusion

Le climat de la région de Tébessa est semi aride marqué par deux périodes pluvieuses, à partir du mois de septembre jusqu'au mois de novembre, et de février jusqu'au mois de mai. Les moyennes annuelles des précipitations sont de 357,03mm.

I.7 Cadre biologique :

➤ La flore :

La région de l'Ouenza appartient au secteur Nord de la wilaya de Tébessa qui comporte les massifs forestiers d'Ouled Sidi Yahia, Boutaleb et d'Ouled Sidi Abid.

Ce secteur est constitué de chainons orientés NO-SE, s'élevant à une altitude moyenne de 700 à 1200 m au dessus de la plaine de Tébessa, avec Mors sot à l'Ouest, El Meridj à l'est et le bassin minier de l'Ouenza au centre. Le patrimoine forestier se partage entre les forêts à essence sylvicole et la couverture alfatière (secteur sud).

➤ La faune :

Jadis, la Wilaya de Tébessa recèle un patrimoine faunistique important, aujourd'hui il connaît une régression alarmante.

Les espèces faunistiques rencontrées dans l'environnement forestier de l'Ouenza sont, d'une façon générale, comme celles qui caractérisent la forêt Algérienne, tels le Sanglier le lièvre le chacal, le perdrix.....etc.

Par ailleurs, on note que l'élevage des ovins, des chèvres et des rares bovins constitue les ressources de la majorité des agriculteurs.

1.8 Environnement socioculturel:

1.8.1 Population:

La population de la commune de l'Ouenza s'élève à 45 881 personnes d'après les statistiques de 1998 répartis sur une superficie de 151,2 km², le taux d'accroissement était alors de l'ordre de 2.64 en donne l'estimation de la population de la commune de l'Ouenza en 2008 environ 52 334 personnes dont la presque totalité est concentrée dans le chef lieu de la municipalité. **(Anonyme 10)**

La zone d'exploitation minière est adjacente au village d'Ouenza. Quelques infrastructures minières sont situées à l'enceinte même du village, tels que les ateliers, la trémie de chargement, le parc roulant, la voie ferrée et la direction de la mine. De ce fait la population de l'Ouenza est quotidiennement exposée aux agents polluants et aux nuisances émises par l'activité en question. **(CHERIET.F, 2009)**

1.8.2 Activités socio-économiques:

La zone d'étude ne présente aucun intérêt d'ordre commercial, et la seule activité industrielle susceptible de se développer dans cette région est l'activité extractive.

A l'exception des zones marécageuses, le tapis végétal dans la région de l'Ouenza est pratiquement nul. Les terrains agricoles existent, ils sont utilisés pour la culture céréalière et pour l'élevage, mais ils sont assez éloignés du site objet de notre étude. **(CHERIET.F, 2009)**

1.8.3 Paysages et patrimoines:

Il n'existe pas d'infrastructures de loisirs ni de tourisme, ni de sites ou monuments historiques et paléontologiques, ni des sites archéologiques, ni de sites d'intérêts écologiques. On note également l'absence d'organisation de randonnées pédestres, de camping, ainsi que les activités récréatives dans la zone étudiée. La population de cette région est en majorité à caractère rural, occupée particulièrement par l'agriculture et l'élevage. En dehors de la masse ouvrière abordée par l'activité minière et le secteur de la fonction publique, une bonne partie de la population subvient à ses besoins grâce aux diverses activités commerciales.
(CHERIET.F, 2009)

I.9 Importance de l'unité

Le gisement de fer constitue la principale source en matière d'approvisionnement en minerai de la sidérurgie algérienne et ce en faisant abstraction du gisement de (Boukhadra) qui vient en second lieu.

Le rôle que joue au niveau de l'économie algérienne, de part sa contribution au développement de l'industrie lourde dans notre pays et il constitue aussi une source d'entrée de devise sans oublier l'emploi, 1000ouvriers environ, au niveau de la wilaya de Tébessa
(CHAIN.R, 2006).

2. Localisation des sites d'échantillonnage

Dans le but de mettre en évidence l'impact de la pollution générée par l'exploitation de la mine sur le sol, le végétal et l'eau. Trois stations situées de part et d'autre de la mine ont été échantillonnées.

2.1. Station 1:

Située à 3,5 Km au nord-est de la mine sur la RN 82, sur les berges de l'Oued Mellègue. Coordonnées géographiques : (35°59'18.83''N & 8°06'37.43''E).

Le couvert végétal est composé de quelques Oliviers, quelques chaînes et des touffes d'alfa sur les berges de l'Oued. Nous avons noté l'absence d'habitants.

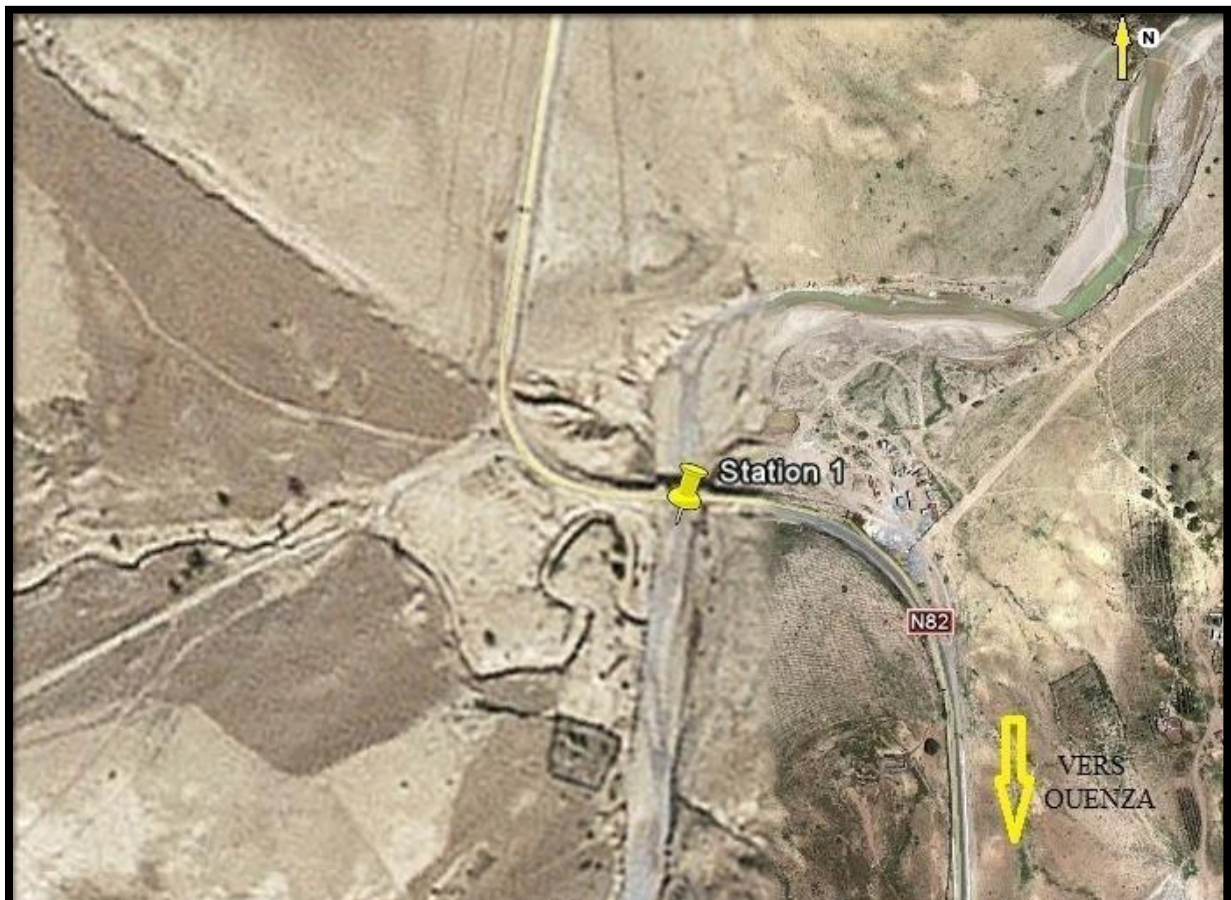


Figure 13: Photo de la localisation de la première station (Oued Mellegue) sur en amont sur la route nationale n°82(Image satellite Google Earth d'une altitude de 1,51 km)

2.2 Station 2 :

La deuxième station se trouve au niveau de la ville de l'Ouenza sur la route qui mène vers la station ferroviaire (Route de Constantine) ses coordonnées géographiques sont : (35°57'14.20''N & 008°07'33.72''E).

La végétation est constituée essentiellement de plantations dont la majorité des espèces sont introduites, on retrouve le Myoporum, le fraisier, les agrumes, le faux poivrier...etc.

Il existe une station de pompage (Souida) pour l'alimentation en eau potable de la ville.



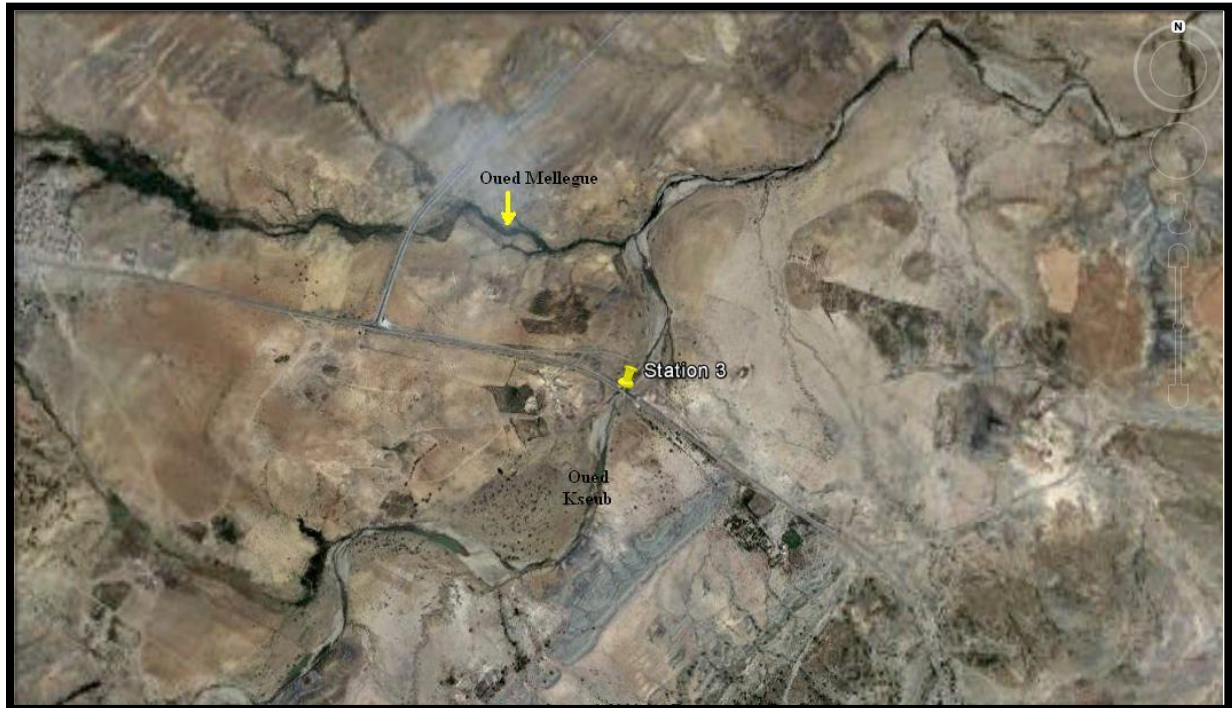
Figure 14: Localisation de la deuxième station au milieu de la ville de l'Ouenza tout près du gisement ferrifère. (Image satellite Google Earth d'une altitude de 1,45km)

2.3. Station 3:

Cette station est située à 6,5 Km au Sud-Est de la mine sur la RN 82. Ses coordonnées géographiques sont de (35°55'43.59''N & 8°11'55.64''E)

La végétation est composée essentiellement d'Eucalyptus, de pin d'Alep, et de faux poivrier...etc.

L'eau a été prélevée d'Oued kseub ; ses berges sont presque dénudées de végétation.



**Figure 15: Localisation de la troisième station (Oued Kseub) sur la route nationale n °82
(Image satellite Google Earth d'une altitude de 4,04km)**

3. Stratégie d'échantillonnage et procédure de prélèvement :

3.1 Les échantillons d'eau :

Dans la première et troisième station, les échantillons d'eau ont été prélevés au milieu du cours d'eau, et l'échantillonnage a été réalisé pendant la saison humide où les niveaux d'eau dans l'oued sont naturellement les plus hauts. Pour la deuxième station, aucun oued ne passe par la ville donc on n'a pas fait de prélèvements.

3.2 Les échantillons de sol :

Pour chaque station on a prélevé 3 échantillons espacés les uns des autres de quelques mètres d'une façon rectiligne pour avoir une moyenne des résultats.

3.3 Les échantillons du végétal :

Le matériel végétal a été choisi au hasard et selon les espèces présentes sur site (pour cause : zone semi aride) ;

➤ Le matériel végétal utilisé :

Première station ;

- **L'olivier « *Olea europea* »** Est un arbre de la famille des oléacées cultivé dans les régions de climat méditerranéen ; très rameux, à l'écorce brune crevassée, il peut atteindre quinze à vingt mètres de hauteur, Les feuilles sont opposées, ovales allongées, le feuillage est persistant

Deuxième station ;

- **Le faux poivrier « *Schinus molle* »** communément appelé « **faux-poivrier** » ou « poivrier sauvage », est un arbre de la famille des *Anacardiaceae*. Ses feuilles finement divisées sont persistantes. Froissées, elles dégagent une forte odeur de poivre
- **Le *Myoporum* sp.** Le genre *Myoporum* est un genre de plantes classiquement placé dans la famille des Myoporaceae .Il compte une trentaine d'espèces. Ce sont des arbres et des arbustes à feuilles persistantes résistants au sel et à la sécheresse.

Troisième station ;

- **Le pin d'Alep « *Pinus halepensis* »** ; C'est un arbre de la famille des pinacées de 5 à 20 m de hauteur. Son écorce, de couleur gris argent, Ses aiguilles mesurent de 6 à 10 cm de longueur et sont groupées par deux en pinceaux à l'extrémité des rameaux. C'est une essence de lumière qui supporte de forts éclaircissements et de longues périodes de sécheresse. Elle pousse sur sols argilo-calcaires.
- **Faux poivrier « *schinus molle* »**

4. Caractéristiques physico-chimiques des sols étudiés:

Les échantillons des sols ramenés au laboratoire sont soumis à l'étude des paramètres suivants :

4.1. pH eau:

C'est une mesure qui donne des indicateurs sur l'acidité ou la basicité du sol. La mesure du pH s'accomplit par la lecture directe sur pH-mètre. (**BLACK & EVAN, 1965**).

4.2 pH KCl:

La détermination de l'acidité d'échange se fait de la même manière que pH eau mais à la place de l'eau distillée on met une solution KCl (1N). Les résultats obtenus sont comparés aux données du **tableau n° 18**.

4.8 Conductivité électrique:

C'est le degré de salinité dans le sol. La détermination de la conductivité électrique se fait sur extrait de sol (rapport sol/eau=1/2) à l'aide d'un conductimètre. Les résultats obtenus seront comparés à une échelle de salinité (**Tableau n°20**)

4.9 Humidité hygroscopique H%:

Déterminé par séchage à l'étuve pendant 24h à 120°C.

4.10 Texture: granulométrie

La texture d'un sol est révélée par son analyse granulométrique. Son principe est basé sur la vitesse de sédimentation des particules séparées et dispersées par destruction de leur ciment (calcaire et matière organique).le fractionnement de ces particules se fait par l'intermédiaire de la pipette de Robinson qui permet la détermination des fractions argileuses et limoneuses fines. Ensuite, les sables fins et grossiers sont mesurés par tamisage. Les limons grossiers sont extrapolés par calcul à partir des résultats obtenus (**BAIZE, 1988**).

4.11 Calcaire

La présence de calcaire confère au sol des caractéristiques spécifiques en termes de comportement physique et chimique et influe sur son activité biologique. Son absence totale a pour conséquence une acidification progressive, plus ou moins rapide suivant le contexte pédoclimatique.

C'est la mesure de pourcentage du calcaire contenant le sol, selon la méthode de **DUCHAUFFOUR (1970)**. On a deux types de calcaire ; le calcaire total et le calcaire actif.

A faible concentration, (**DUTHIL, 1973**) souligne que le calcaire joue un rôle protecteur vis-à-vis des ions phosphoriques contre leur adsorption énergétique par le fer et l'aluminium libres. A des concentrations élevées, il y a formation de phosphates calciques de moins en moins solubles qui peuvent évoluer vers une forme insoluble.

Ainsi le rapport calcaire actif / calcaire total s'il est supérieur à 1/4 y'aura des répercussions négatifs sur la nutrition phosphatée de la plante.

4.12 Densité réelle, densité apparente et porosité :

- Densité réelle :

- Déterminer par la méthode de la paraffine.

- Densité apparente :

- Par la méthode du pycnomètre.

- La porosité :

- Calculer par la formule suivante :

$$(D_r - D_a / D_r) * 100$$

4.13 La matière organique :

Le dosage de la matière organique se fait par la méthode ANNE méthode sulfo-chronique.

5. Caractères physico-chimiques de l'eau:

5.1. pH:

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre au laboratoire. Nous avons répété la mesure plusieurs fois pour nous assurer de la constance de la valeur obtenue.

5.2. CE:

La conductivité électrique est mesurée à l'aide d'un conductimètre dans le laboratoire. La valeur obtenue représente la conductivité électrique exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$.

5.3. MES:

Pour les mesures des matières en suspension contenues dans l'eau des deux oueds, nous avons utilisé la méthode par filtration. L'eau est filtrée et le poids des matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle. **(RODIER, 1996).**

5.4. Ammonium (NH_4^+):

Nous avons utilisé la méthode de Nessler qui est applicable aux teneurs en azote ammoniacal exprimées en NH_4^+ , supérieures à $0,02 \text{ mg.l}^{-1}$. **(Rodier, 1978)**

5.5. Nitrites :

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence d'ions ammonium et de phénol, forme avec les ions nitrites un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

L'intensité de la coloration est mesurée par le spectrophotomètre à la longueur d'onde de nm d'absorption maximale. **(Rodier, 1978)**

5.6. Nitrates

Nous avons utilisé la méthode dite au salicylate de sodium indiquée par **Rodier, 1978**. Dans cette méthode, les ions nitrates réagissent avec le salicylate de sodium en développant une coloration jaune susceptible d'un dosage colorimétrique.

L'intensité de la coloration est mesurée par le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 420 nm d'absorption maximale.

5.7. Phosphates

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique, qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage colorimétrique. (**Rodier, 1978**).

L'intensité de la coloration est mesurée par un spectrophotomètre à la longueur d'onde de 690 nm d'absorption maximale.

5.8. Les chlorures Cl^- :

Dosage des chlorures par une solution de nitrates d'argent en présence de chromate de potassium selon la méthode de Mohr.

5.9. Carbonates et bicarbonates :

- Les carbonates sont dosés par une solution titrée d'acide sulfurique (H_2SO_4 0,2N) en présence de phénolphtaléine.
- Les bicarbonates sont dosés par une solution titrée d'acide sulfurique (H_2SO_4 0,2N) en présence de méthyle orange.

5.10. Sulfates

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de Ba Cl_2 .

6. Caractérisation biochimiques des végétaux:

Les paramètres étudiés sont la chlorophylle, les glucides solubles et la proline. Ils sont quantifiés à partir des feuilles par spectrophotométrie.

7.1. Dosage de la chlorophylle :

La méthode utilisée pour l'extraction de la chlorophylle est la méthode traditionnelle établie par **Mackiney, (1941)** et améliorée par **Holden (1975)** qui consiste en une macération du végétale dans de l'acétone.

6.6 Dosage des glucides totaux:

Les taux de sucre sont dosés par la méthode de **Shields et Burnett., (1960)** qui utilisent l'anthrone en milieu sulfurique.

6.7 Dosage de la proline:

La proline a été quantifiée par la technique de **Monneveux et Nemmar, (1986)**.

6.8 Matière sèche:

Par dessiccation séchage à l'étuve à 105°C.

6.9 Poussières :

Les poussières sont obtenues par un lavage des feuilles fraîchement récolté ayant un poids connu. La quantité des poussières dans les eaux de rinçage est obtenue par évaporation des eaux.

8. Méthode d'analyse des métaux lourds :

La méthode adoptée pour l'analyse des métaux lourds est la spectrophotométrie d'absorption atomique, elle permet de quantifier les éléments métalliques en solutions. **(Sbargoud.A, 2009)**

Chapitre III.

RESULTATS ET INTERPRETATION

III. RESULTATS ET INTERPRETATION

2. Résultats des analyses :

2.1 Résultats pédologiques :

Les résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques des volumes pédologiques prélevés au niveau des trois stations (S1, S2 et S3) sont représentés dans **le tableau 14**.

Tableau 14 : Résultats des analyses physico-chimiques des volumes pédologiques prélevés au niveau des trois stations d'échantillonnage.

Stations Paramètres	S1	S2	S3
pH eau	7,43	7,26	7,51
pH KCl	8,81	8,78	8,50
CE (ms/cm ²)	0,2	0,33	2,26
Humidité %	0,8	2,2	3,6
Densité réelle (g)	3,07	2,66	3,1
Densité apparente (g/m ³)	1,50	1,115	1,57
Porosité %	51,14	58,08	49,35
Matière organique %	2,58	3,48	0,77
Texture %	Sable : 67,797	Sable : 37,536	Sable : 37,406
	Limon : 20,08	Limon : 55,04	Limon : 48,76
	Argile : 12,144	Argile : 6,6	Argile : 13,16
	Sablo-limoneuse	Limono-sableuse	Limono-sableuse
Calcaire total %	24,9	24,925	24,825
Calcaire actif %	0	1,25	1,25
Cuivre (ppm)	0,0244	0,0326	0,0502
Plomb (ppm)	0,2171	0,4726	0,4631
Cadmium (ppm)	0,0178	0,0222	0,0193
Zinc (ppm)	0,0671	0,0737	0,0943

1.1.1 Interprétation des résultats :

1.1.1.1 Le pH eau, pH KCL :

Les mesures du pH eau dans les trois stations ont montrés que nous somme en présence de sol neutre (site 2) à légèrement alcalin (site 1et3) **figure 16**. L'échelle de désignation du type de sol, en fonction du pH est présentée dans **le tableau n°14 (Soltner, Gauchier.1981)** et on déduit que nos trois stations ont un sol neutre à légèrement alcalins.

L'acidité d'échange ou pH KCl s'est révélée supérieure à l'acidité actuelle (pH eau) dans l'ensemble des sols des trois stations (**Figure 16**), ceci est lié principalement à la saturation du complexe adsorbant en base et qu'il n'existe probablement pas d'ions hydrogènes sur le complexe ce qui explique une forte concentration de l'ion K dans la solution du sol.

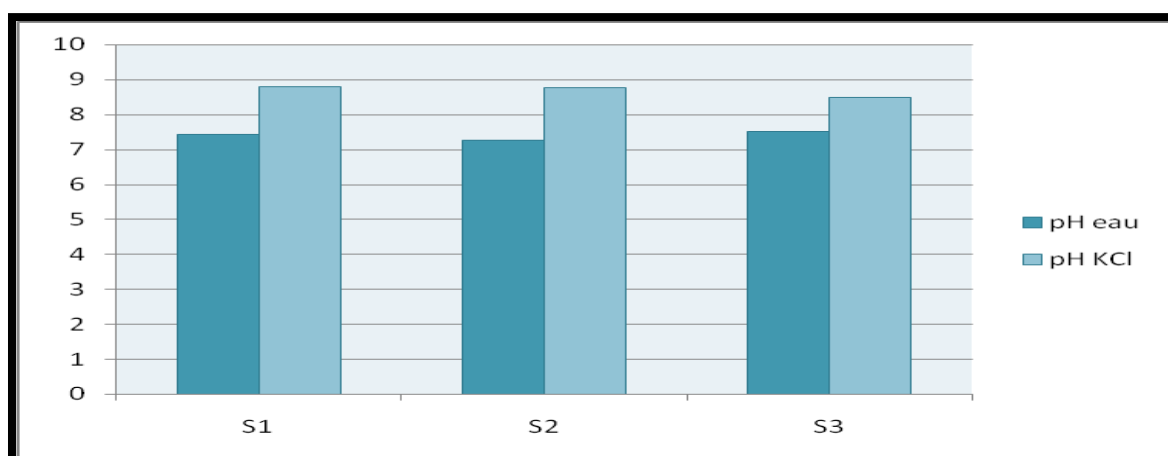


Figure 16 : Représentation graphique du pH eau, pH KCl

1.1.1.2 La conductivité électrique

En se basant sur l'échelle internationale de mesure de la salinité pédologique (**Tableau14**), Les valeurs obtenues pour le paramètre de la conductivité électrique pour la première et deuxième station sont non salés avec respectivement 0,2 et 0,33 (ms) alors que la troisième station manifeste une certaine salinité avec 2,6ms/cm² (**figure 17**)

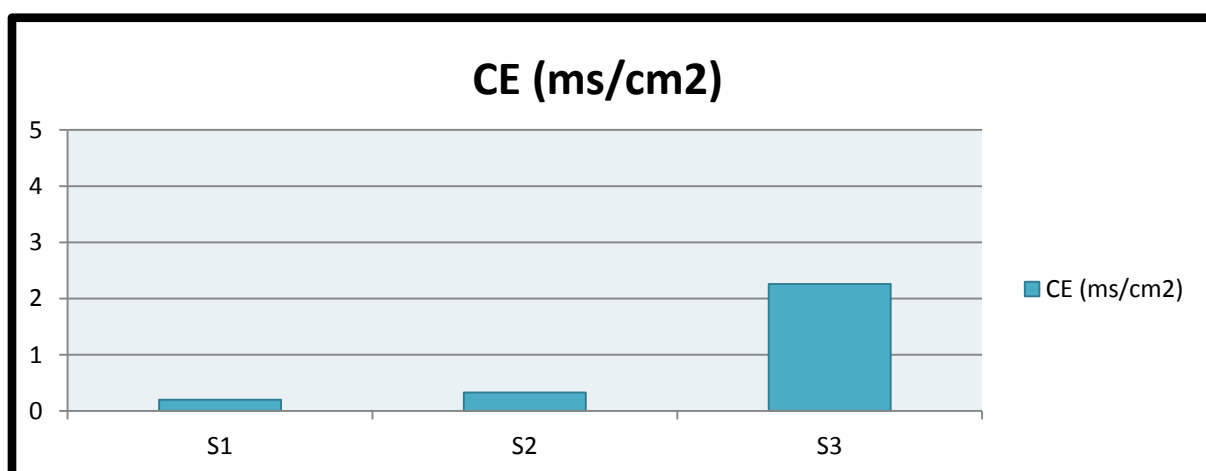


Figure 17: Représentation graphique de la conductivité électrique du sol des trois stations

1.1.1.3 L'humidité :

La détermination de l'humidité hygroscopique montre que les sols sont très secs et ne retiennent qu'une faible proportion d'eau qui varie selon les stations (0,8% pour la première station, 2,2 % pour la station 2 et 3,6 % pour la troisième station).

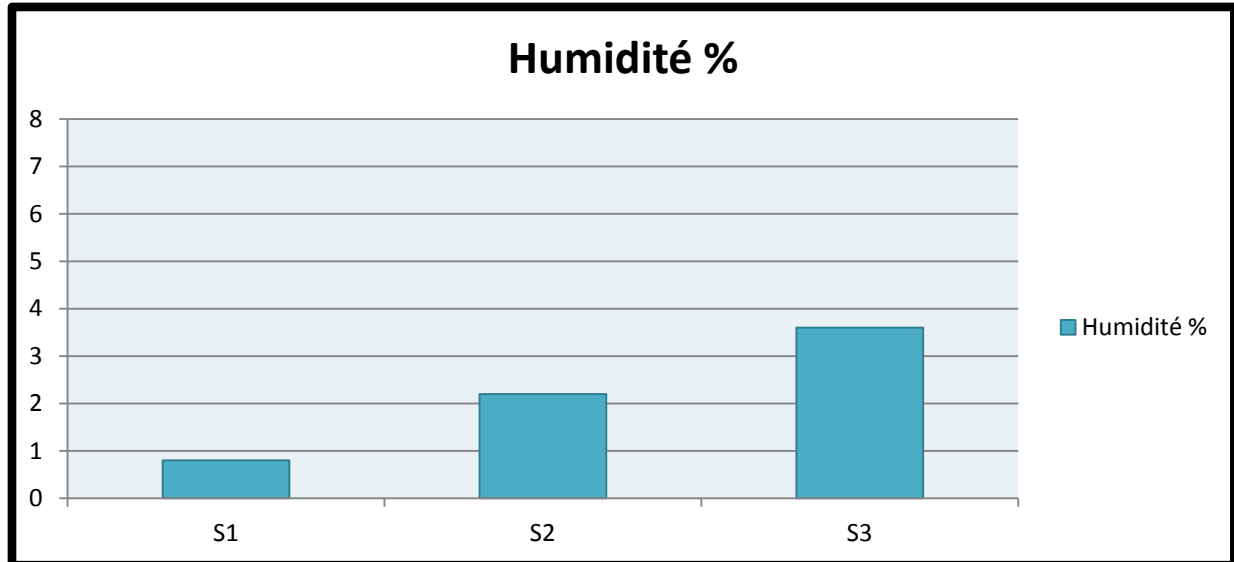


Figure 18: Représentation graphique de l'humidité du sol des trois stations

1.1.1.4 La porosité :

Dans la figure 19 on constate que la porosité calculé pour les trois sols est très élevé, supérieur à 40% ce qui montre que nous sommes en présence de sol très poreux soit à texture légère soit bien structuré.

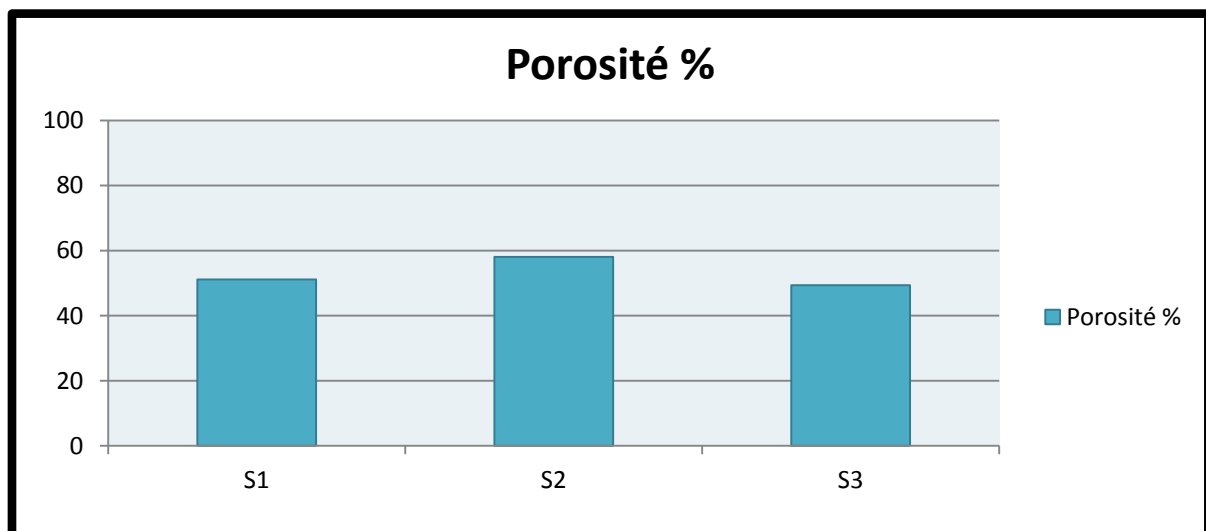


Figure 19: Représentation graphique de la porosité des sols des trois stations

1.1.1.5 La matière organique

D'après **Duchaufour (1977)**, les sols sont considérés riches en matière organique lorsque le pourcentage de présence de cette dernière est supérieur à 2%. A cet effet et en se basant sur les teneurs en matière organique de nos sols on peut dire que les sols de la Station 1 et Station 2 sont des sols riches en matière organique par contre les sols de la station 3 sont considérés comme étant pauvre en matière organique.

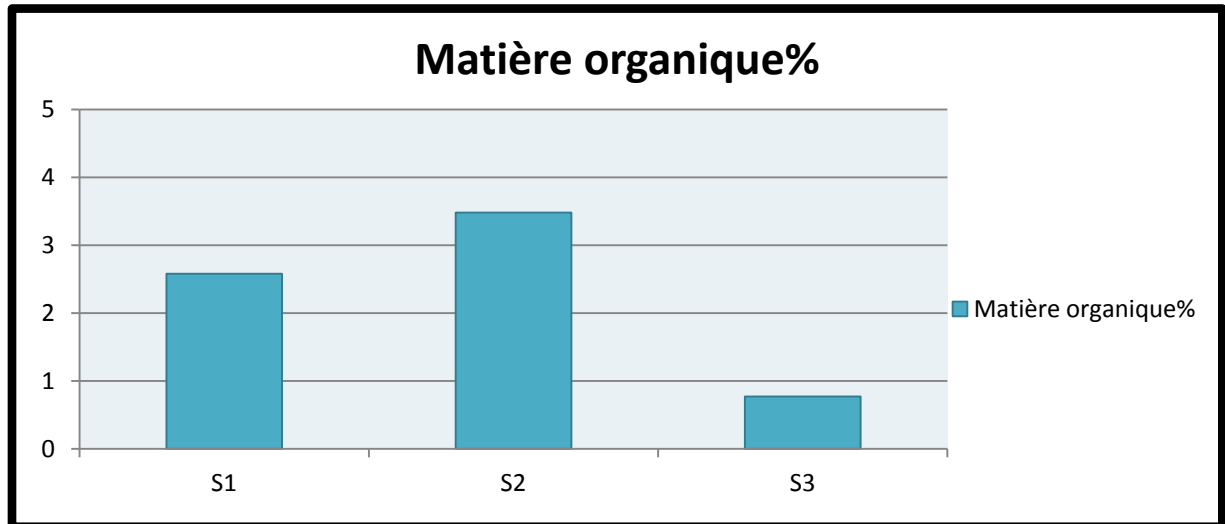


Figure 20: Représentation graphique du taux de la matière organique dans les sols des trois stations d'échantillonnage

1.1.1.6 Texture :

En se référant au triangle textural de l'USDA, on a un sol a texture sablo-limoneuse pour la première station, et limono-sableuse pour la deuxième et la troisième station, il existe une grande ressemblance dans la texture des trois stations, ce sont des sols de régions semi arides.

1.1.1.7 Le calcaire total et calcaire actif :

D'après les analyses pédologiques, les sols de la région d'étude semblent contenir une importante quantité de calcaire (plus de 24%) alors que la teneur en calcaire actif est très faible voir nulle. Cette situation est peut être liée à la nature de la forme du calcaire dans ces sols.

1.1.1.8 Métaux lourds :

Les métaux présents dans l'eau et l'environnement terrestre sont des éléments nécessaires au fonctionnement normal des plantes et des animaux. Ils jouent un rôle important dans la transformation de la matière, principalement dans les mécanismes enzymatiques, ils font partie des éléments toxiques pour la santé. On les retrouve principalement dans les eaux usées industrielles et municipales (Cd, Cu, Pb, Zn), les précipitations atmosphériques, et les eaux provenant de l'activité agricole (Hg, Cu, Pb). **(Kozłowski .R et al, 2003)**

Les activités agricoles ainsi que l'industrie et les transports influencent la contamination de l'eau, de l'air et du sol. Dans les sols acides, les métaux lourds sont plus mobiles et se retrouvent plus facilement dans la chaîne alimentaire. Par conséquent, on prévoit que dans les terres où l'acidité va augmenté les plantes absorberont une quantité plus importante de métaux lourds (par ex. du cadmium). **(Kozłowski .R et al, 2003)**

Une faible concentration de ces éléments dans l'environnement a généralement un effet positif et stimule l'activité des organismes vivants. Au-delà du seuil maximum, ils inhibent la croissance et le développement et peuvent même être toxiques **(Kozłowski .R et al, 2003)**

L'évaluation des taux de métaux lourds dans la région a permis de mettre en évidence la richesse du sol en ces éléments.

L'étude comparative montre que :

Le taux du plomb dans les sols des trois stations **(figure 21)** varie peu de la station 2 à la station trois « 0,47ppm et 0,46ppm respectivement », alors que la station 1, située en amont de la minerais, enregistre des taux relativement faibles 0,21ppm » cette différence peut montrer l'effet de l'activité de la mine sur les teneurs en cet élément.

- **Plomb :**

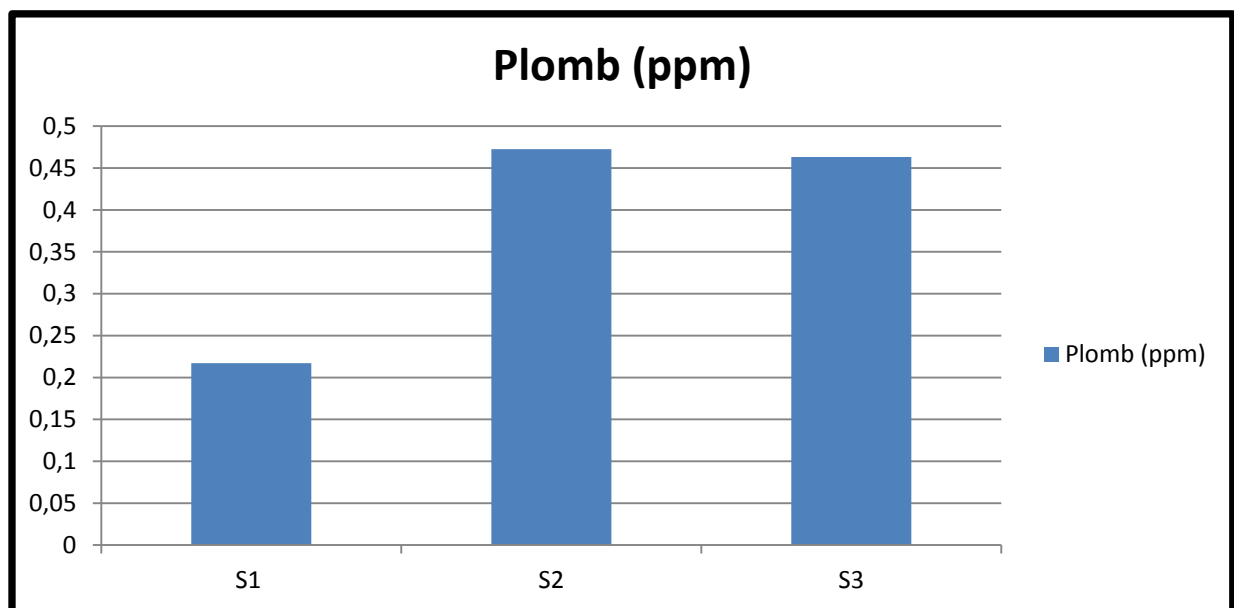


Figure 21 : Teneur en Plomb (Pb) des sols des trois stations étudiées

- **Zinc :**

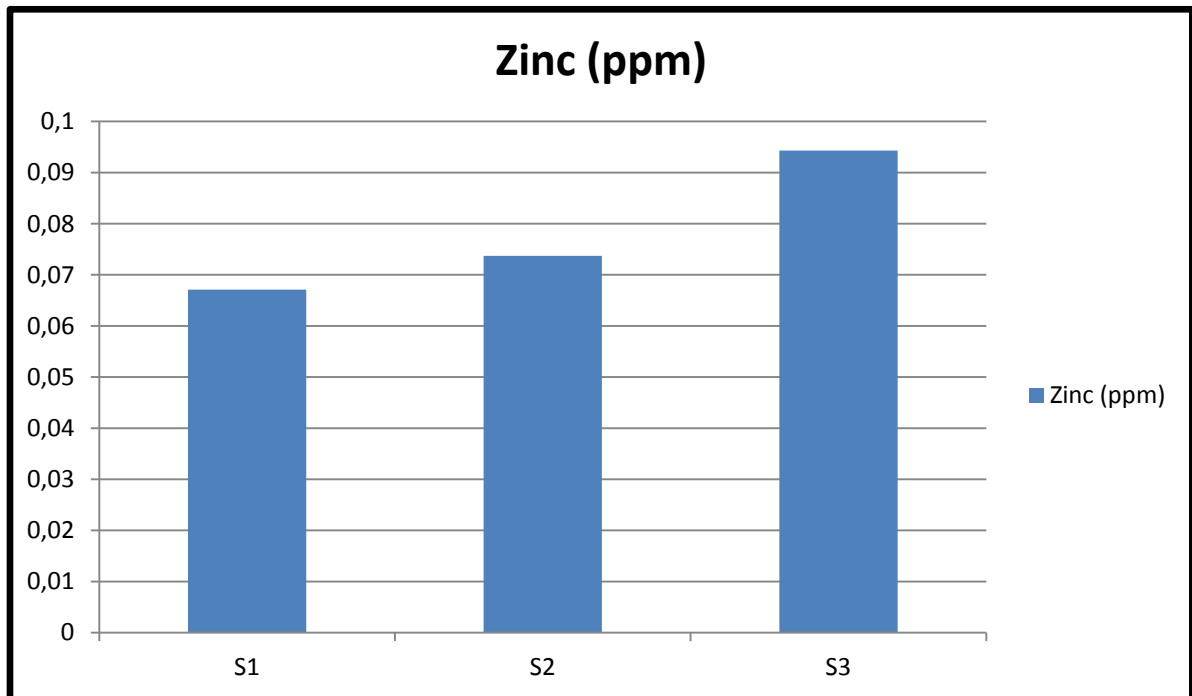


Figure 22 : Teneur en Zinc (Zn) des sols des trois stations étudiées

D'après la **figure 22**, on constate que la troisième station comporte une concentration élevée par rapport aux deux autres stations 1 et 2.

- **Cuivre :**

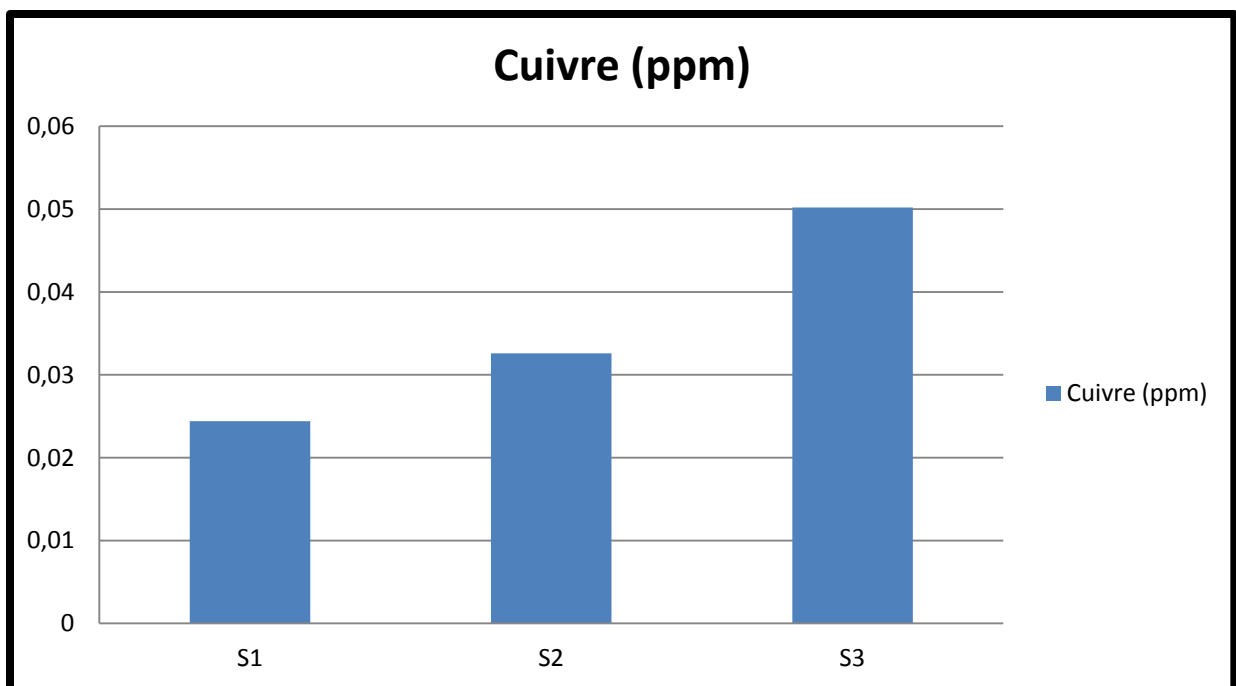


Figure 23 : Teneur en cuivre (Cu) des sols des trois stations étudiées

La concentration du cuivre dans la troisième station est beaucoup plus élevée 0,05 ppm presque le double que dans les stations 1 et 2 (0,02 ppm et 0,03 ppm respectivement). (Figure23)

- **Cadmium :**

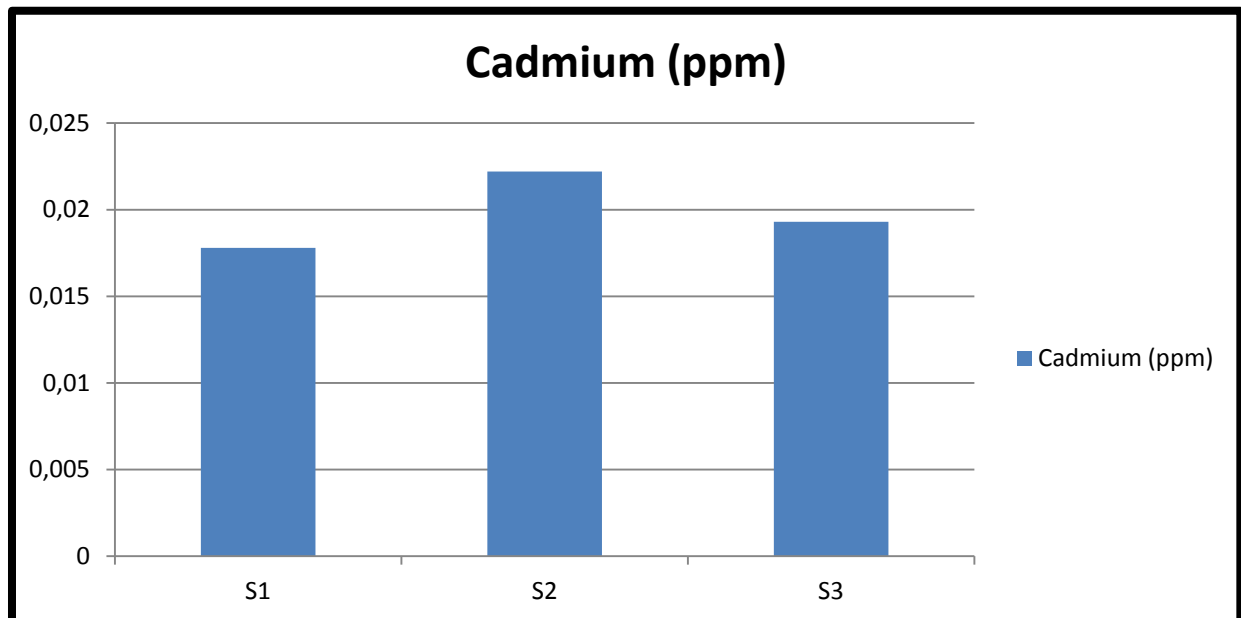


Figure 24 : Teneur en cadmium (Cd) des sols des trois stations étudiées

Les résultats d'analyses du Cadmium obtenus pour les trois stations d'échantillonnage sont de 0.017, 0.022 et 0.019 ppm respectivement.

Malgré l'influence de la mine sur les teneurs du sol en métaux lourds, Les valeurs obtenues montrent que les sols des trois stations d'échantillonnage de la zone ne dépassent pas les normes selon (M.Kürsad Türkdoğan et al, 2003) ce qui témoigne de l'absence de pollution de ces sols par ces éléments pendant la période d'échantillonnage.

1.2. Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau :

Les résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques des eaux des oueds Mellegue et Kseub prélevés au niveau des deux stations (S1, S3) sont représentés dans (le tableau 15) :

Tableau 15: Résultats des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau dans les stations 1&3.

Stations Paramètres	S1	S3
Ph	8,51	7,17
CE (ms/cm²)	5,05	4,5
MES (g/l)	0,066	0,013
Nitrates (mg/l)	8,31	0,63
Nitrites (mg/l)	0,473	≈0
Ammonium (mg/l)	0,20	0,08
Phosphore (mg/l)	2,34	0,11
Chlorures (mg/l)	923	532,5
Sulfates (mg/l)	79	106,3
Cuivre (ppm)	0.0285	0.0787
Plomb (ppm)	0.0284	0.0189
Zinc (ppm)	0.0346	0.0192
Cadmium (ppm)	0.0044	0.0118

1.2.1 Interprétation des résultats :

1.2.1.1 pH eau :

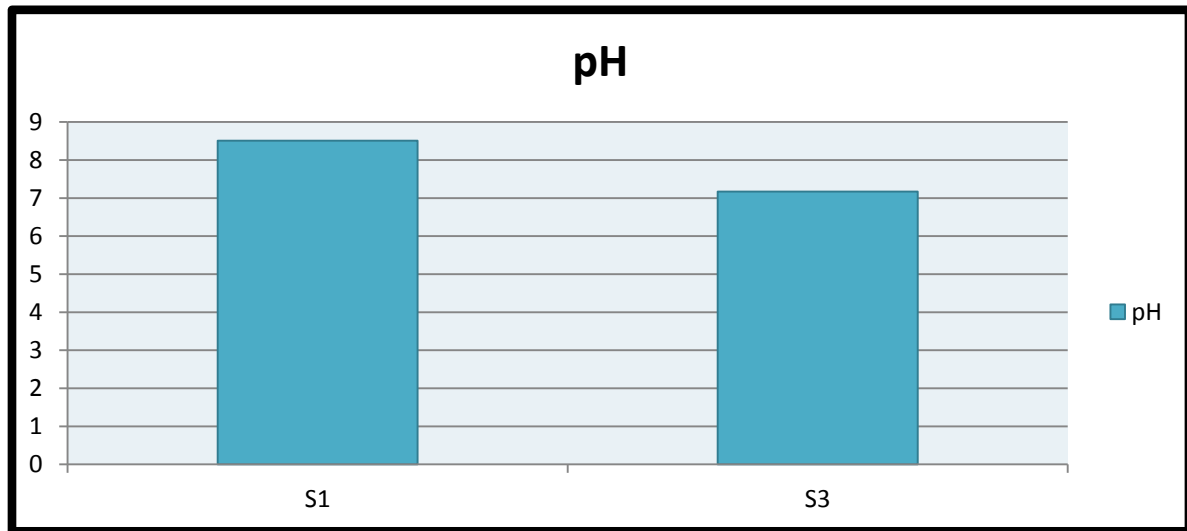


Figure 25: Représentation graphique du pH eau des échantillons d'eau des oueds

Le pH des eaux de la station 1 (Oued Mellègue) est de 8,51 indiquant une réaction basique de cette station, alors que dans la station 3 (Oued Kseub) le pH des eaux est proche de la neutralité avec 7,17. (**Tableau 15**).

1.2.1.2. La conductivité électrique :

Les résultats d'analyse de la conductivité électrique obtenus pour les deux stations d'échantillonnage sont de 5,05 (ms/cm²) pour station 1 et de 4,5 (ms/cm²) pour la station 3. Ces valeurs montrent que nous sommes en présence d'eau chargée en sel.

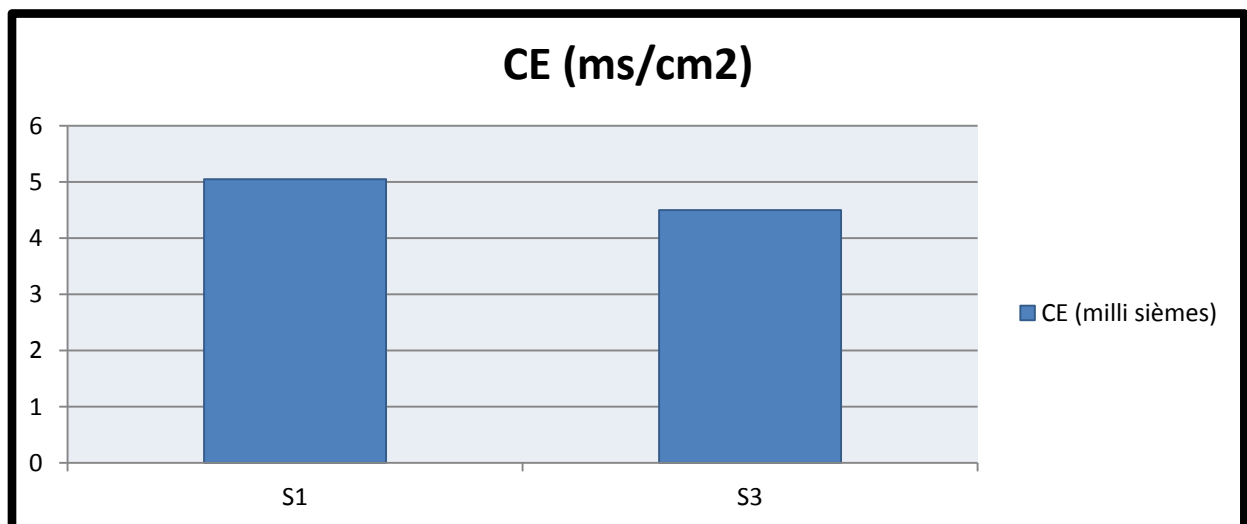


Figure 26 : Représentation graphique de la conductivité électrique des deux stations d'échantillonnage

1.2.1.3 Matières en suspension :

On observe dans **la figure 27** une nette différence entre le taux des matières en suspension dans la première et troisième station qui sont de 0,066 g/l et de 0,013 g/l respectivement. La présence d'une forte teneur en matière en suspension de la station de l'Oued Mellègue est certainement à la nature et au volume circulant dans cet Oued. Par contre oued Kseub manifeste une faible activité.

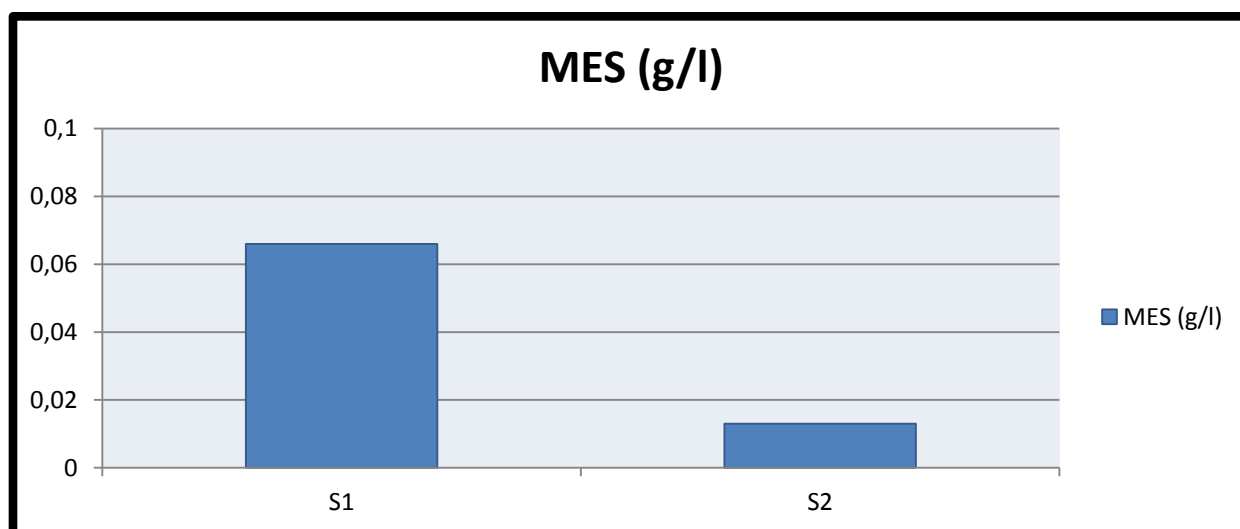


Figure 27 : Représentation graphique du taux des matières en suspension dans l'eau des deux oueds (Mellegue S1 et Kseub S3)

1.2.1.4 Les nitrates (NO_3^-) :

Le taux des nitrates en mg/l dans la première station est de 8,31, et pour la troisième station de 0,63 et selon **le tableau 15** des normes Algériennes de la qualité des eaux de surface à partir de plusieurs paramètres on classe les eaux de la première station comme bonne et la troisième station en classe excellente.

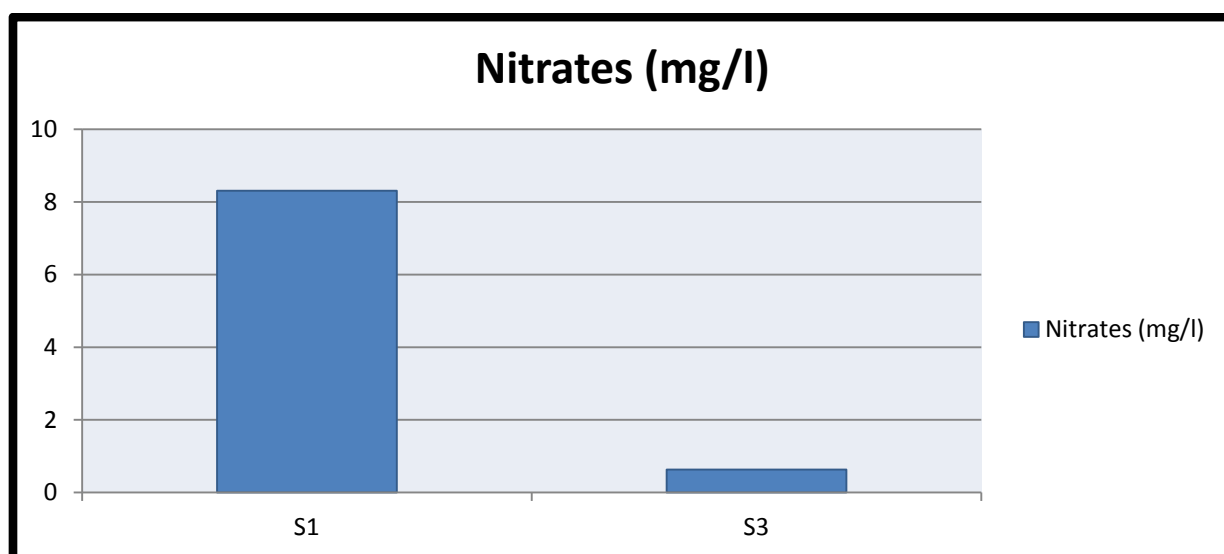


Figure 28 : Représentation graphique du taux des nitrates en mg/l dans les eaux des Oueds des stations 1 et 3.

1.2.1.5 Les nitrites (NO_2^-) :

Les valeurs obtenues des échantillons pour le paramètre des nitrites sont de 0,473 mg/l pour la station1 (Oued Kseub) et nulle pour la station 3 (Oued Mellegue). On classe la première station comme passable, et la troisième comme excellente selon **le tableau 15** des normes Algériennes de la qualité des eaux de surface

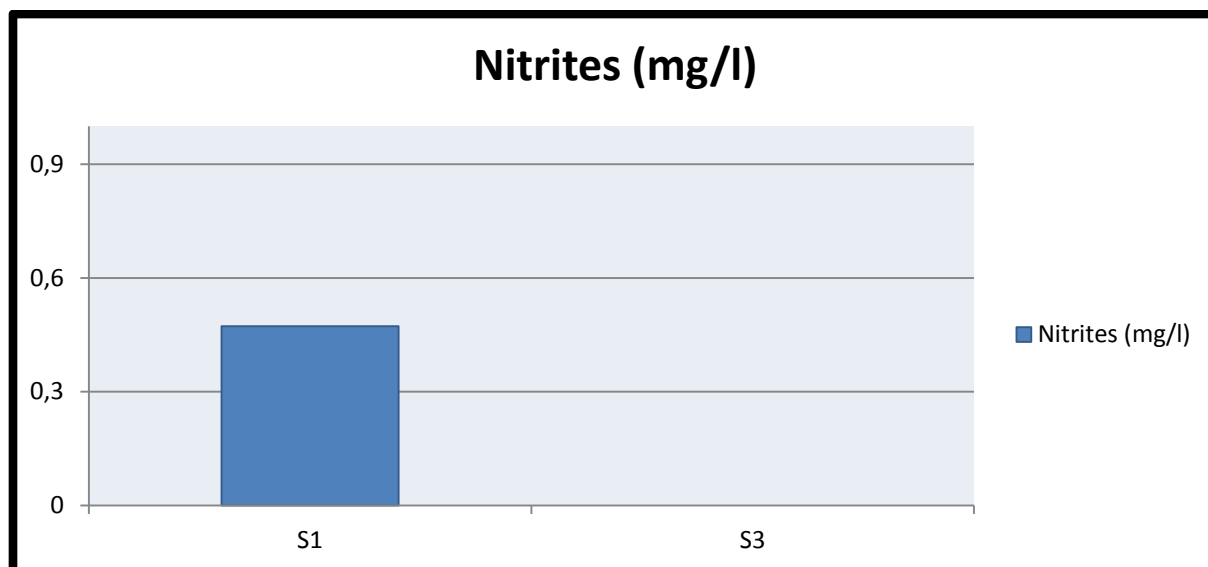


Figure 29 : Représentation graphique du taux des nitrites en mg/l dans les échantillons d'eau des Oueds.

1.2.1.6 L'Ammonium (NH_4^+) :

Selon les résultats d'analyses obtenus pour le taux d'ammonium dans les échantillons d'eau des Stations 1 & 3 sont respectivement 0,20 et 0,08 mg/l, On classe la première station comme passable, et la troisième comme excellente selon **le tableau 15** des normes Algériennes de la qualité des eaux de surface

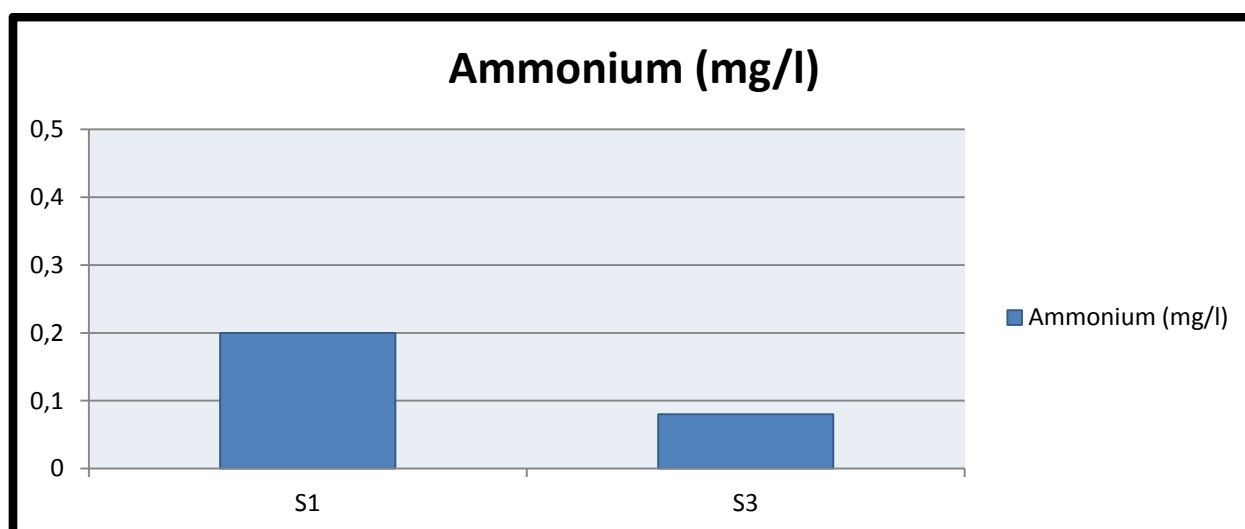


Figure 30: Représentation graphique du taux de l'ammonium des échantillons d'eau des Oueds des deux stations S1& S3

1.2.1.7 Les chlorures (Cl⁻):

Le taux des chlorures sont de 923mg/l pour S1 et 532,5 mg/l pour S3 (**figure 31**), le taux des chlorures quand il est important dans une eau il influence la conductivité électrique de cette eau, et vu qu'on a une conductivité électrique importante on peut dire qu'il existe une relation directe entre ces deux derniers (chlorures et conductivité électrique). Et qui peut jouer un rôle négatif très dangereux pour le bon fonctionnement des sols.

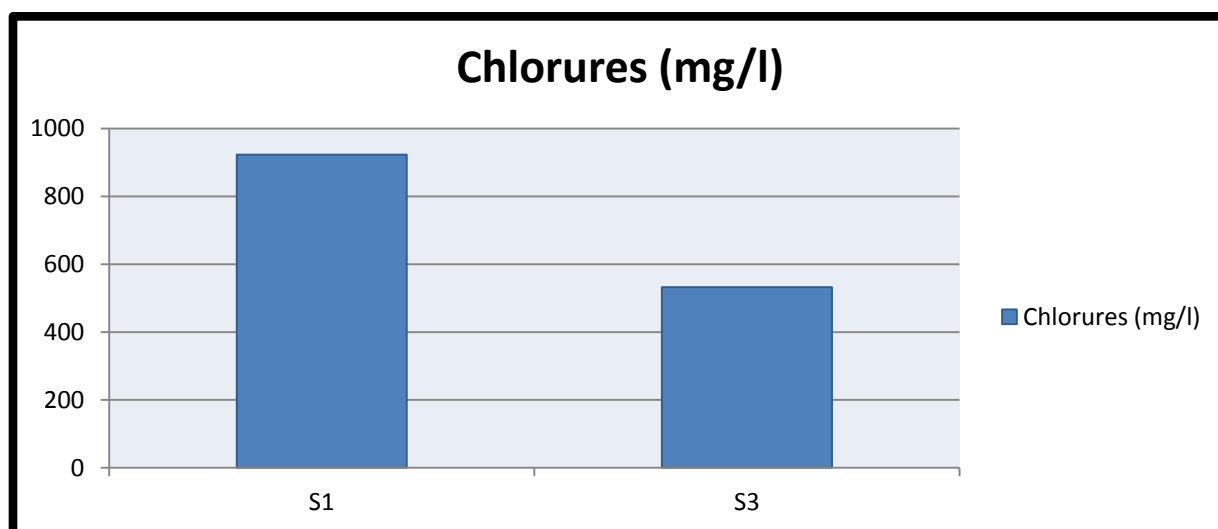


Figure 31 : Représentation graphique du taux des chlorures dans les deux stations d'échantillonnages

1.2.1.8 Les Sulfates (SO₄²⁻)

Selon les résultats d'analyses obtenus pour le taux des sulfates dans les eaux de l'oued Mellègue S1 qui est de 79 mg/l et Oued Kseub S3 106,3 mg/l on peut déduire que la concentration des sulfates est très importante dans les stations mais elle peu être dangereuse dans la troisième station.

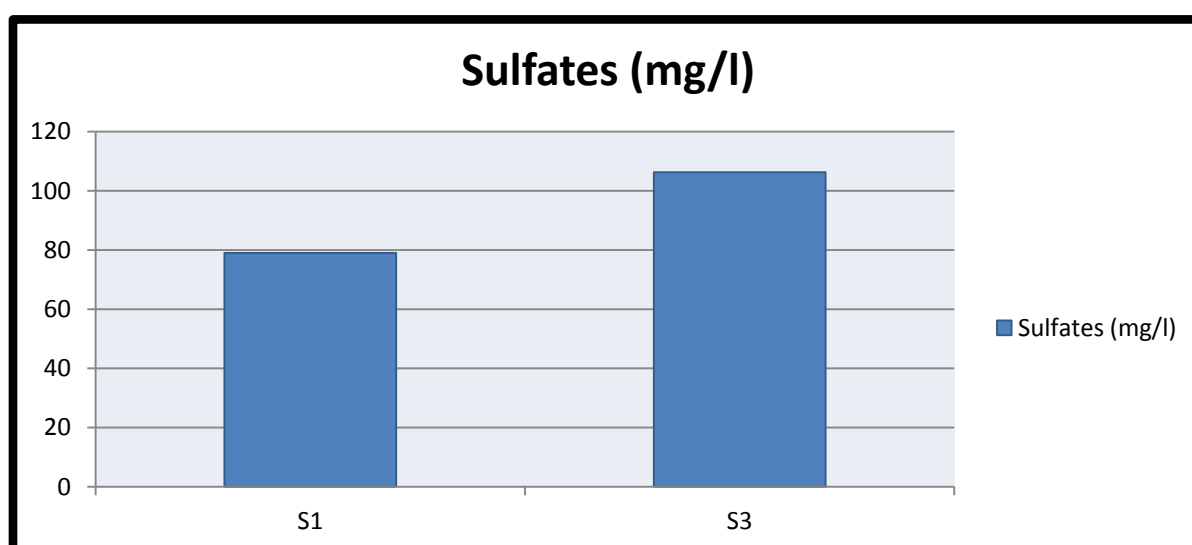


Figure 32 : Représentation graphique des taux de sulfates dans les eaux des oueds S1 et S3

1.2.1.9 Les métaux lourds :

La caractérisation de la pollution des eaux par les métaux lourds dans la région a permis de mettre en valeur la teneur de chaque élément.

➤ Le Zinc

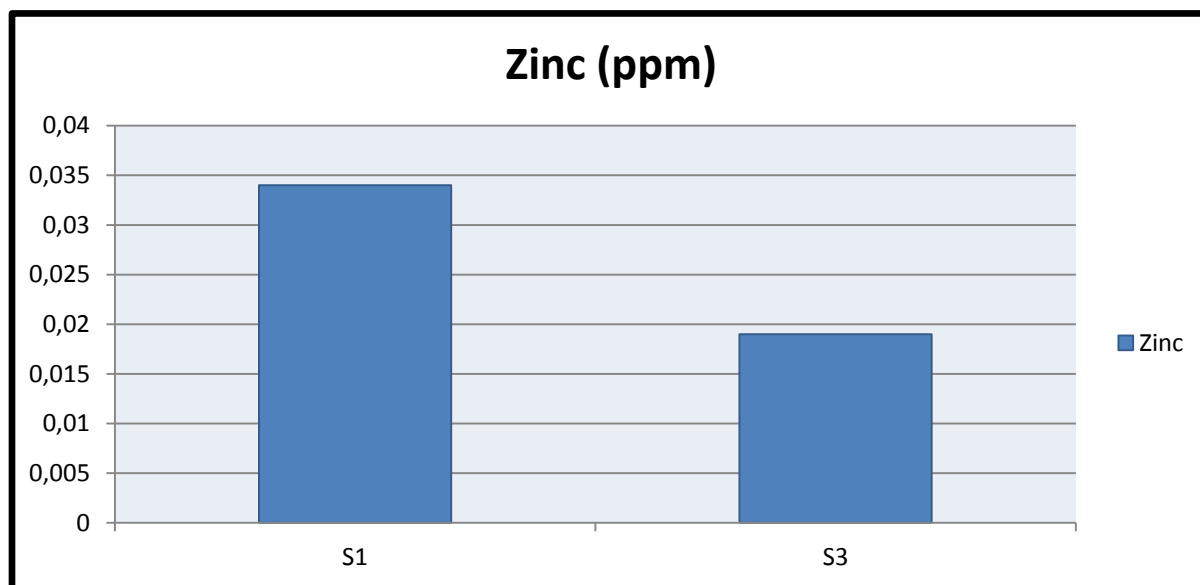


Figure 33 : Représentation graphique de la Teneur en Zinc des eaux des deux stations étudiées

Selon les résultats des analyses d'échantillonnage des eaux des oueds des deux stations la teneur en zinc de la première station est de 0,034 ppm et la troisième station de 0,19 ppm (tableau 15).

➤ Le plomb

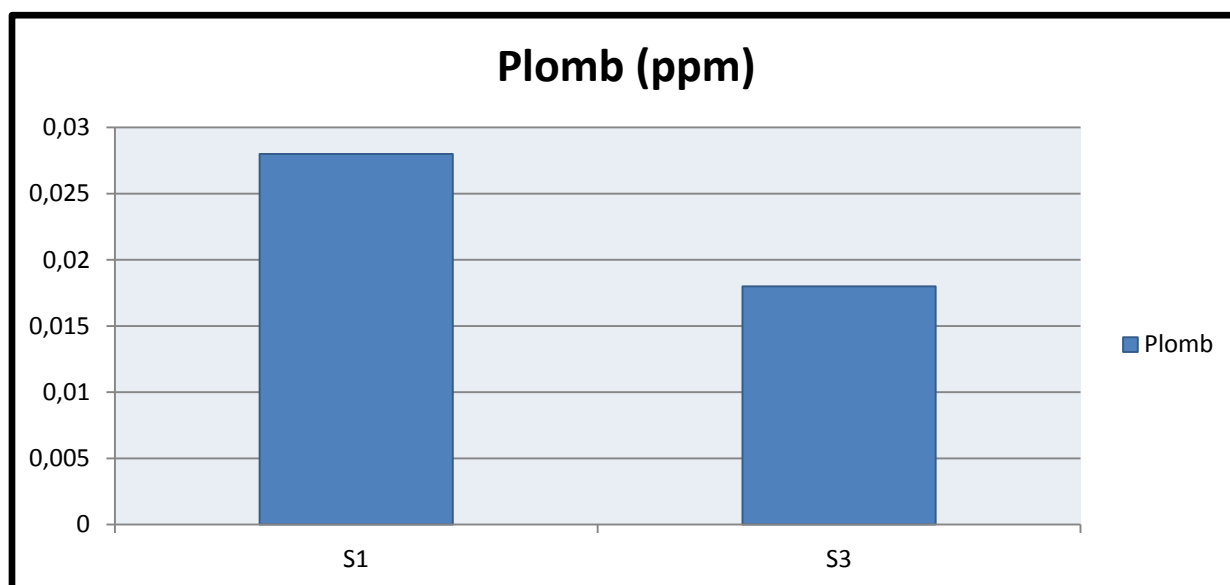


Figure 34 : Représentation graphique de la teneur en Plomb (Pb) des eaux des deux stations étudiées

La teneur du plomb dans les stations 1 est de 0,0284 ppm et de 0,0189 ppm pour l'échantillon d'eau de la troisième station (**figure 34**).

➤ **Le cadmium**

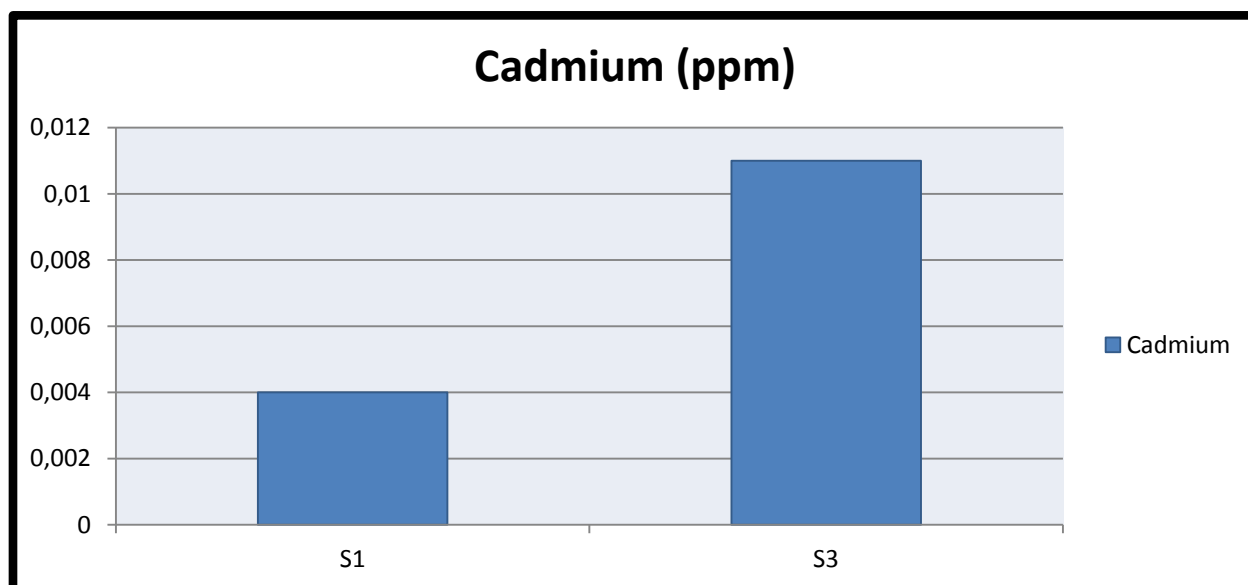


Figure 35 : Représentation graphique de la teneur en Cadmium (Cd) des eaux des deux stations étudiées

Selon les résultats des analyses d'échantillonnage des eaux des oueds des deux stations la teneur en cadmium de la première station est de 0,0044 ppm et la troisième station de 0,0118 ppm.

➤ **Le cuivre**

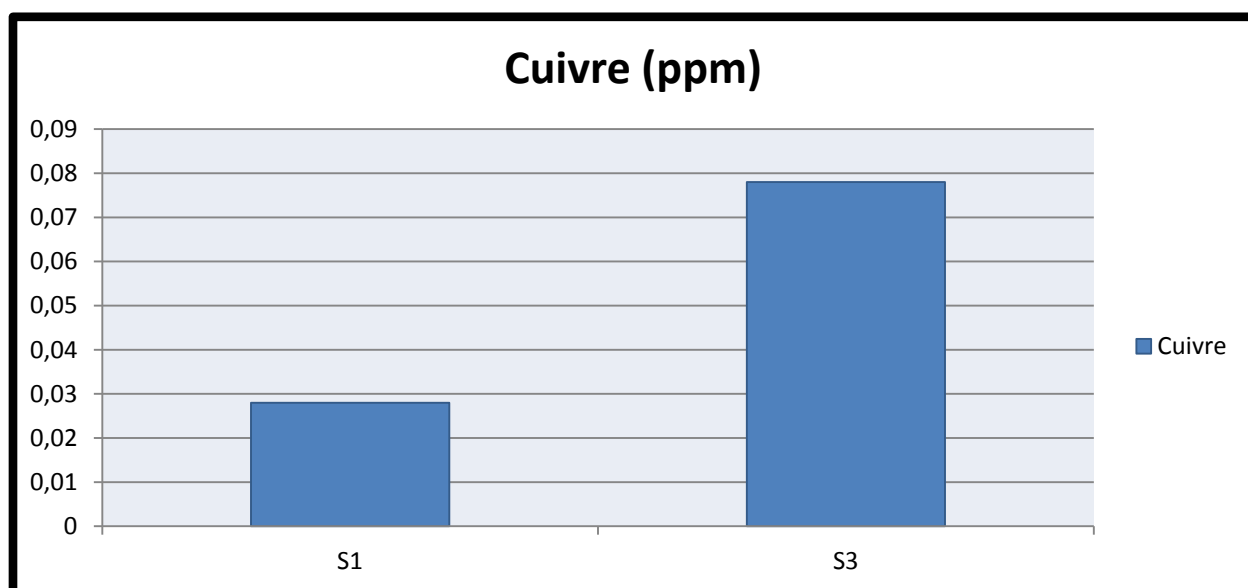


Figure 36: Représentation graphique de la teneur en Cuivre (Cu) des eaux des deux stations étudiées

La teneur du cuivre dans les stations 1 est de 0,0285 ppm et de 0,0787 ppm pour l'échantillon d'eau de la troisième station (**figure 36**).

Malgré une forte augmentation dans les teneurs en cuivre et cadmium dans la station trois, située en aval de la mine, les valeurs obtenues montrent que les eaux de la zone sont très pauvres en métaux lourds ce qui témoigne de l'absence de pollution de ces eaux et ces milieux par ces éléments pendant la période d'échantillonnage.

1.3 Résultats des analyses biochimiques des végétaux :

Les résultats obtenus à partir des analyses biochimiques des espèces végétales prélevés au niveau des trois stations (S1, S2 et S3) sont représentés dans **le tableau 16**

Tableau 16 : Résultats des analyses biochimiques des échantillons du végétal prélevé au niveau des trois stations d'échantillonnage.

Végétal/station Paramètres	S1	S2		S3	
	Olivier	F Poivrier	Myop.	F. Poivrier	P.Alep
Chlorophylle (a) (µg/g MF)	12,42	7,14	12,81	5,08	14,31
Chlorophylle (b) (µg/g MF)	4,19	4,48	7,02	4,7	7,02
Chlorophylle (a+b) (µg/g MF)	16,61	11,38	19,83	9,9	21,32
Glucides (µg/g MF)	170,14	170,75	258,93	195,9	122,27
Proline (mg/g MF)	0,436	0,705	0,687	0,516	0,43
Matière sèche/matière fraîche (%)	5,26	8,51	1,35	8,69	6,97
Poussières (mg/g) de feuilles	4	9,7	6	5	3,1
Plomb (ppm)	0,2079	0,1229	0,1796	0,0756	0,0189
Cuivre (ppm)	0,0095	0,0393	0,0353	0,0285	0,0190
Zinc (ppm)	0,0486	0,0722	0,0464	0,0899	0,0464
Cadmium (ppm)	0,0355	0,0459	0,0252	0,0281	0,0237

F .Poivrier : le faux poivrier : *Schinus molle*

Myop. : Le Myoporum : *Myporum sp.*

P. Alep : le pin d'Alep ou *Pinus halepensis*

1.4 Interprétation des résultats

1.4.1 La chlorophylle (a, b, a+b) :

Les résultats d'analyses biochimiques des échantillons des végétaux (**Tableau 16**) montrent que dans les trois stations le taux de la chlorophylle (a, b a+b) est presque identique.

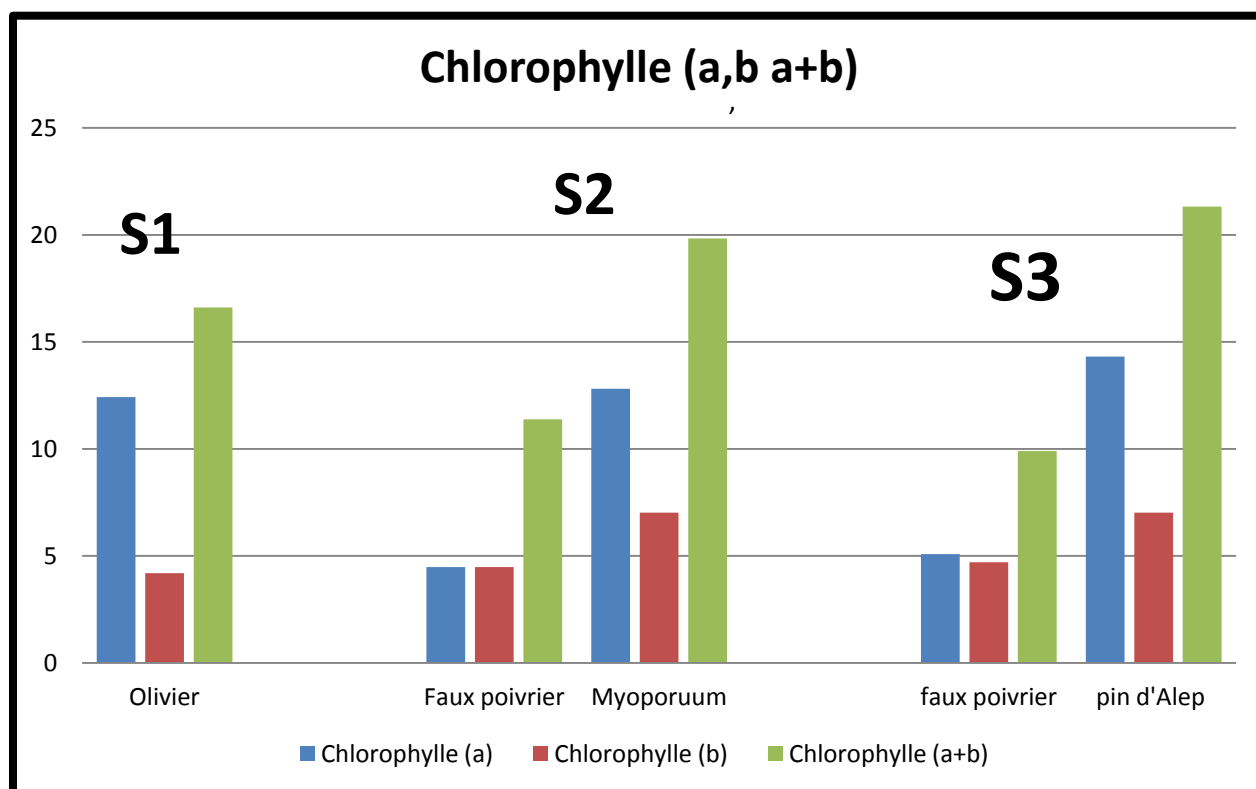


Figure 37 : Représentation graphique de la teneur en la chlorophylle (a, b a+b) dans les trois stations d'échantillonnage.

Les trois stations se trouvant tout près d'une terre agricole ce qui pourra expliquer le taux élevé de la chlorophylle de l'espèce végétale le Pin d'Alep et pour cause de l'utilisation d'engrais phosphatés et azotés par contre pour le faux poivrier son activité chlorophyllienne est moindre à cause de la largeur des feuilles qui peuvent accumuler des quantités de poussières provenant de l'activité de la mine.

La synthèse des pigments chlorophylliens ne semble pas être perturbée par la pollution (poussières et métaux lourds....) sauf pour le faux poivrier dans les deux stations 2 et 3.

1.4.2 Les glucides totaux

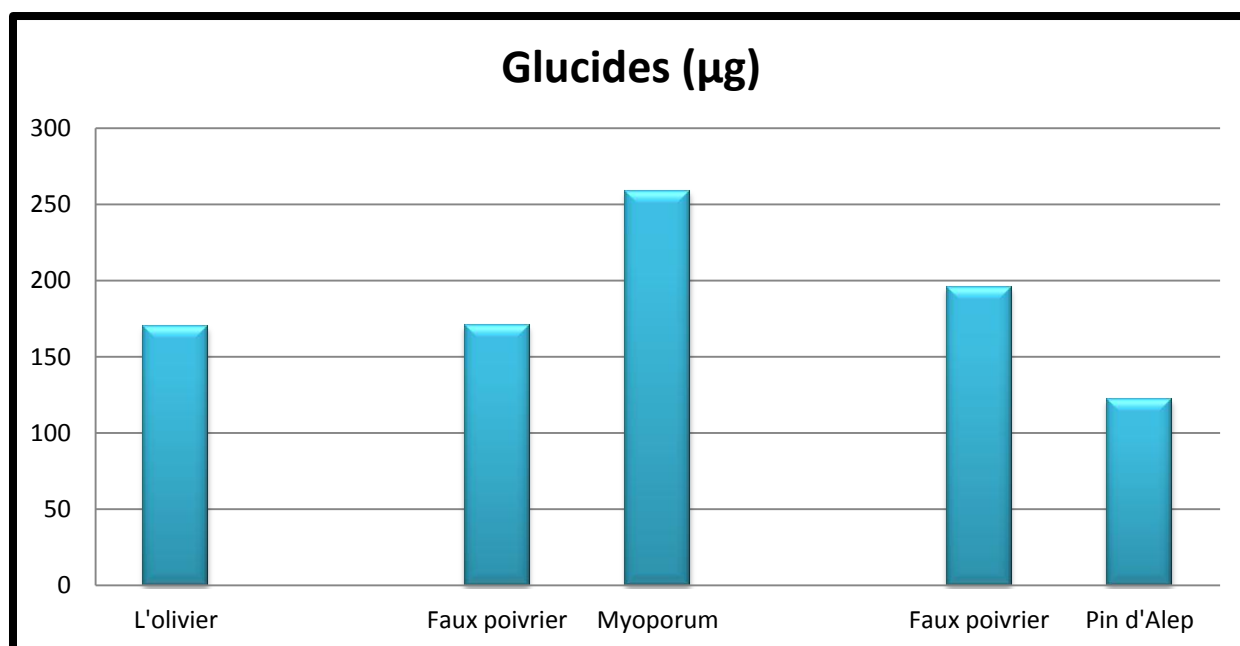


Figure 38 : Représentation graphique du taux des glucides totaux dans les trois stations d'échantillonnage

Depuis la **figure 38 et le tableau** des résultats **16** on observe que le taux des glucides dans la deuxième station est plus élevé pour le Myoporum 258 µg et pour la troisième station le moins élevé avec 122 µg.

1.4.3 La proline

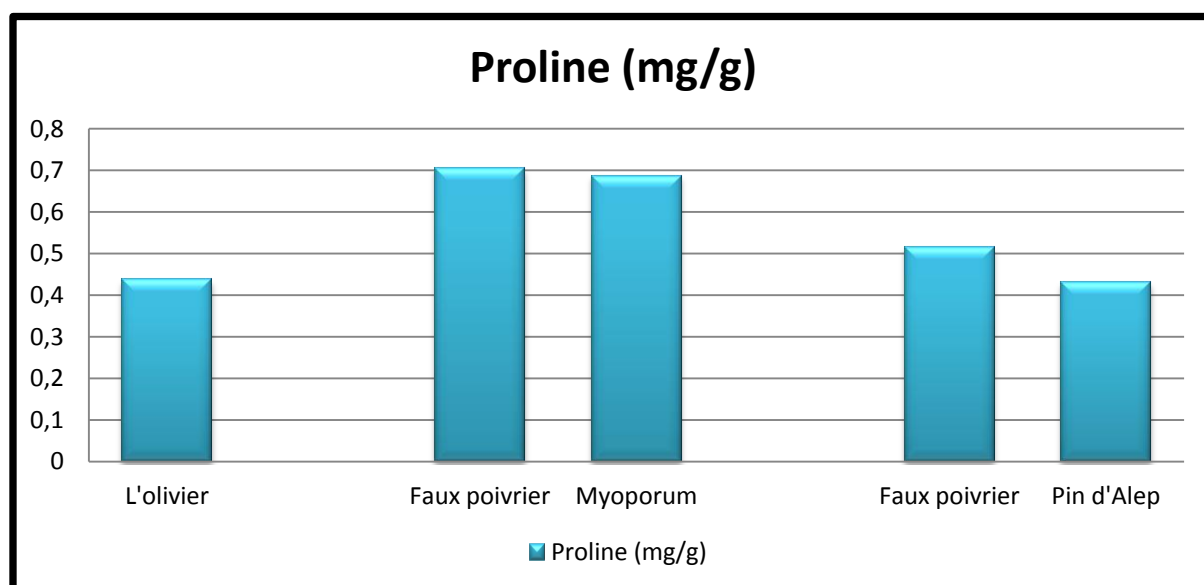


Figure 39 : Représentation graphique du taux de la proline dans les trois stations d'échantillonnage

Depuis les résultats d'analyses du taux de la proline (**tableau 16**) de nos trois stations d'échantillonnages on constate que le faux poivrier et le myoporum.sp de la deuxième station ont une concentration assez élevée (0,705 et 0,687 mg/g respectivement) et de 0,436 pour le première station (l'olivier) et de 0,516 mg/g pour le faux poivrier et 0,43 mg/g pour la troisième station. La synthèse de ce métabolite semble être stimulée par un stress dû certainement à la pollution de la mine.

1.4.4 Matière sèche/matière fraîche (%):

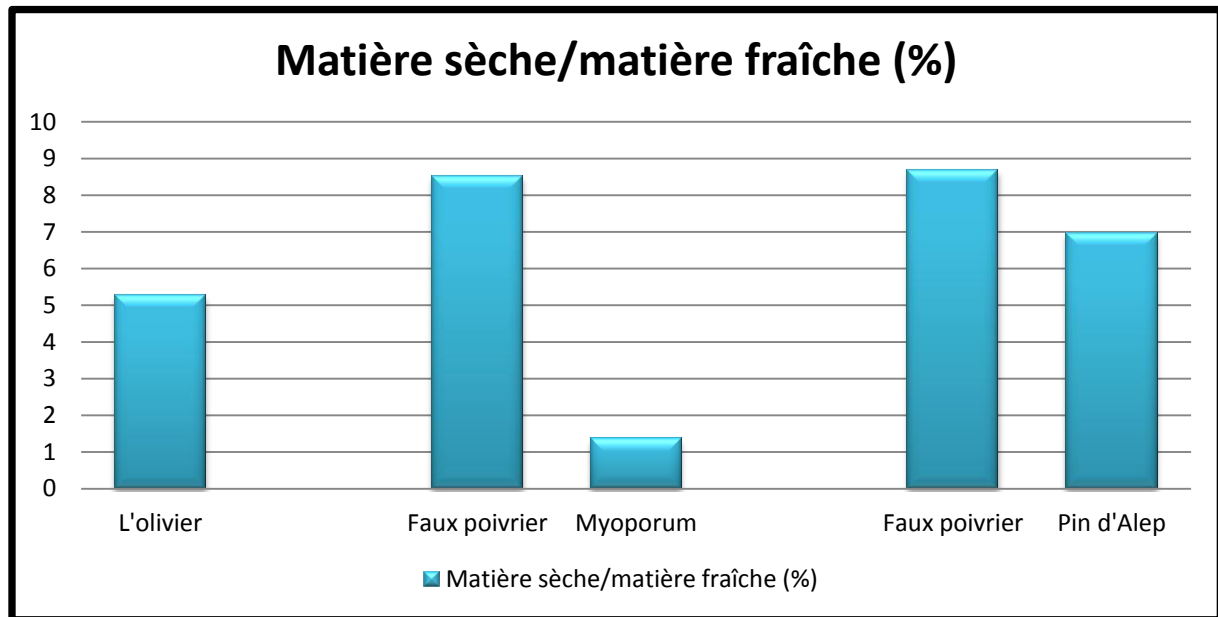


Figure 40 : Représentation graphique du taux de rapport 'matière sèche/matière fraîche (%) dans les trois stations d'échantillonnage

La figure 40, représente le rapport MF/MS qui détermine l'indice de pollution. Plus le rapport est faible plus la plante montre une bonne alimentation en eau, il ressort que le faux poivrier est plus affecté que le pin d'Alep puis l'olivier et enfin le Myoporum qui semble bien se comporter en face d'une forte pollution.

1.4.5 Poussières (mg/g de feuilles) :

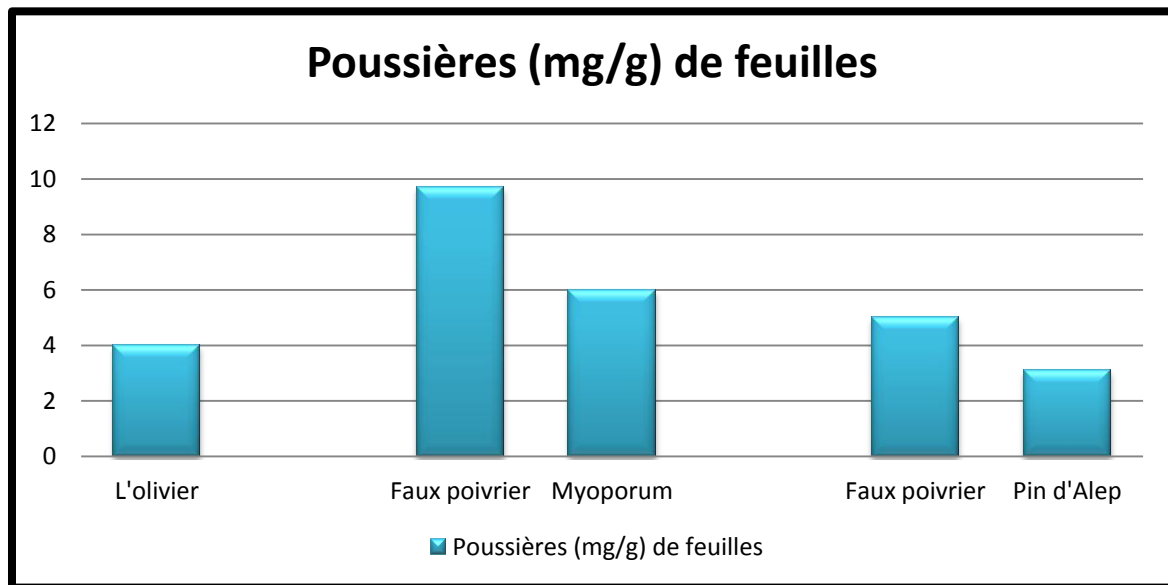


Figure 41 : Représentation graphique du taux des poussières (mg/g de feuilles) dans les trois stations d'échantillonnage

On observe clairement depuis **la figure 41** que le taux de poussières dans la deuxième station est élevé pour les échantillons le faux poivrier et le Myoporum 9,7 et 6 mg/g et qu'il est moindre pour les échantillons de la première et troisième station.

L'accumulation de poussière sur les feuilles semble liée à la largeur de la surface foliaire.

Les échantillons de la deuxième station trouvent tout près du gisement ferrifère près de la voie de concassage et de la trémie ce qui explique l'importance du taux de poussières sur les feuilles.

1.4.6 Les métaux lourds :

➤ Plomb :

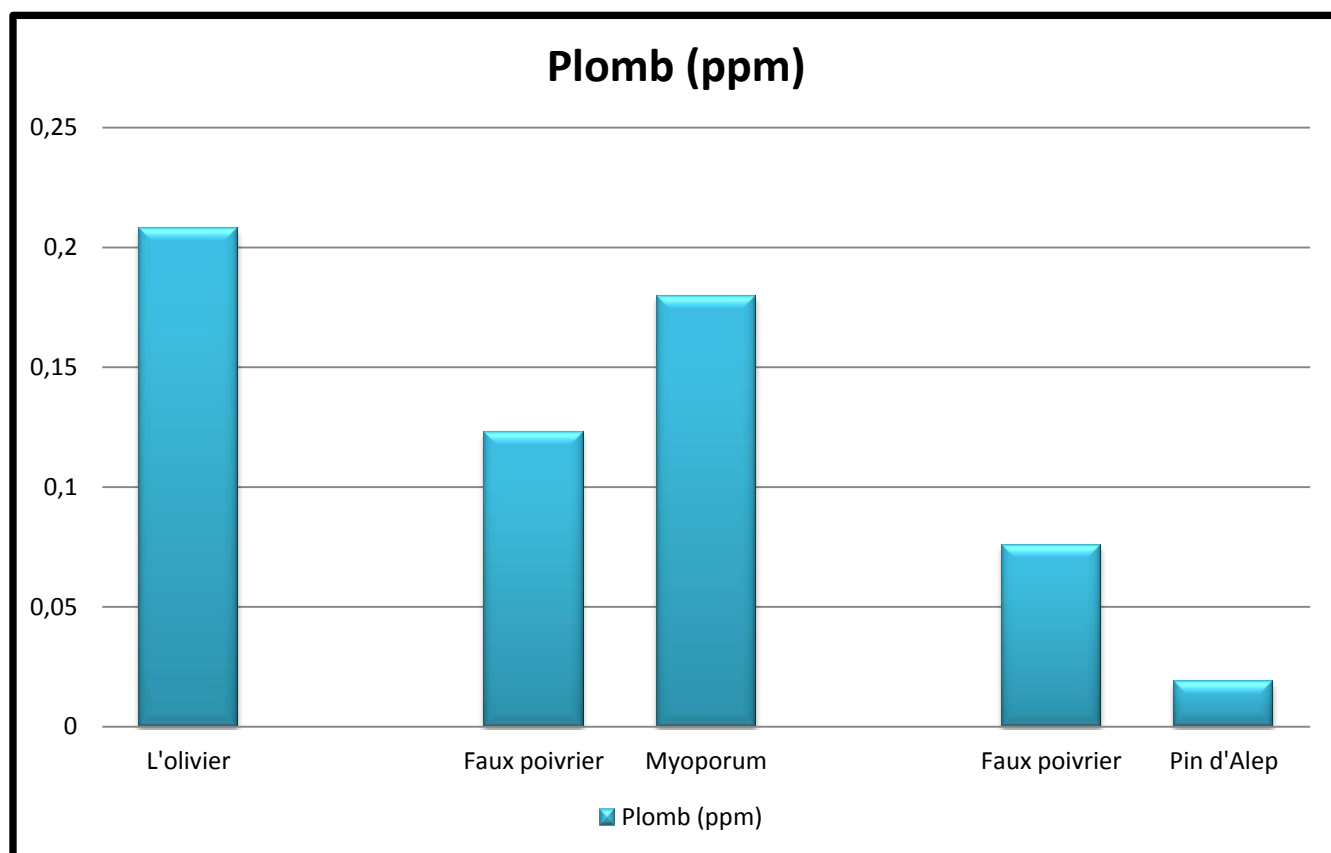


Figure 42 : Représentation graphique de la concentration en plomb (ppm) dans les trois stations d'échantillonnage

Les résultats analytiques des échantillons montrent que le taux de la concentration en plomb dans la première station est de 0,207 ppm, la deuxième station 0,122 et 0,179 ppm pour le faux poivrier et le myoporum respectivement ainsi que de 0,0756 et 0,0189 pour le faux poivrier et le pin d'Alep de la troisième station.

Les fortes teneurs en plomb observées dans les stations 1 et 2 semblent liées à une forte activité des engins de tractation.

➤ **Zinc :**

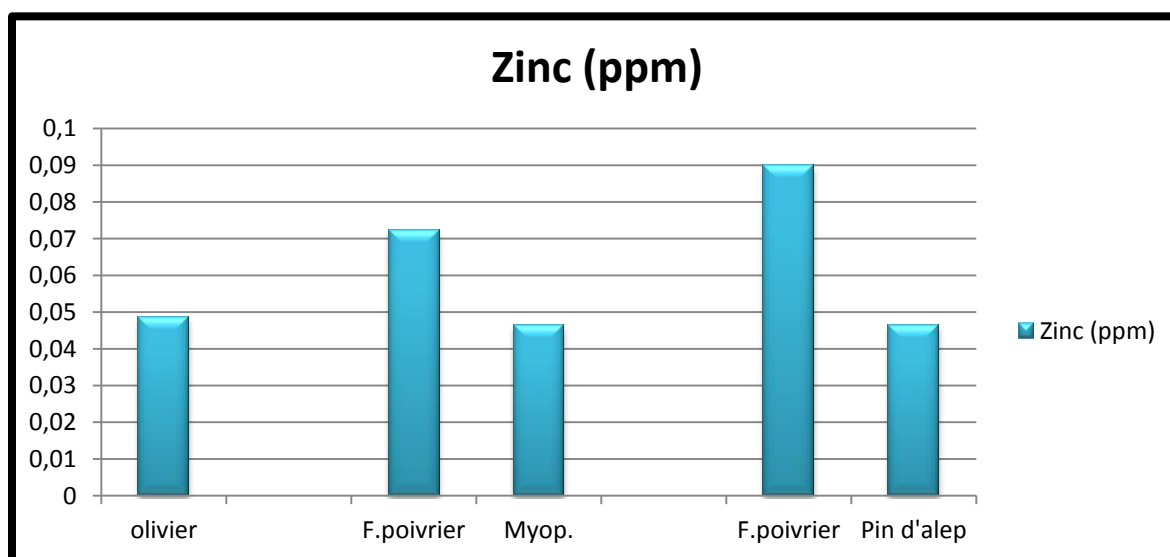


Figure 43: Représentation graphique de la concentration en zinc (ppm) dans les trois stations d'échantillonnage

Selon les résultats des analyses des échantillons du végétal et selon **la figure 43** la teneur en zinc de la première station est de 0,0486 ppm et la deuxième station le faux poivrier de 0,0722 et de le myoporum de 0,0464 ppm pour la troisième station 0,0899 pour le faux poivrier et de 0,0464 ppm pour le pin d'Alep.

Il ressort que le zinc est plus accumulé par le faux poivrier dans les stations 2 et 3.

➤ **Cadmium :**

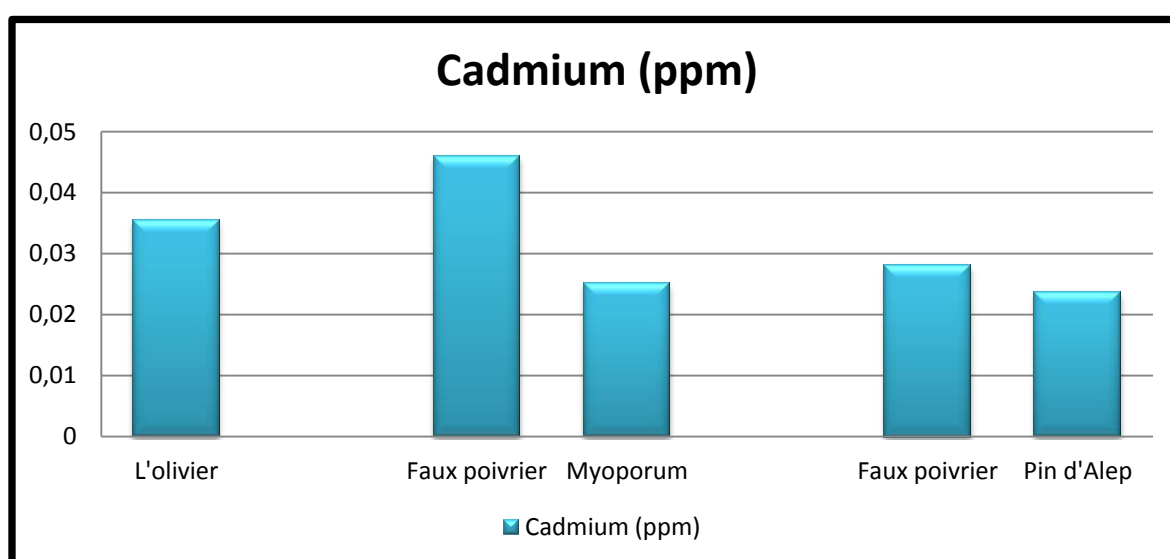


Figure 44 : Représentation graphique de la concentration en cadmium (ppm) dans les trois stations d'échantillonnage

Le taux du cadmium dans l'échantillon de la première station est de 0,0355 ppm, la deuxième station pour le faux poivrier 0,0459 ppm le myoporum 0,0252 et la troisième station de 0,0281 pour le faux poivrier et de 0,0237 ppm pour le pin d'Alep. **(Figure 44).**

Nous avons constaté une importante accumulation au niveau de la mine (station 2) que dans les stations en aval et en amont.

➤ Cuivre

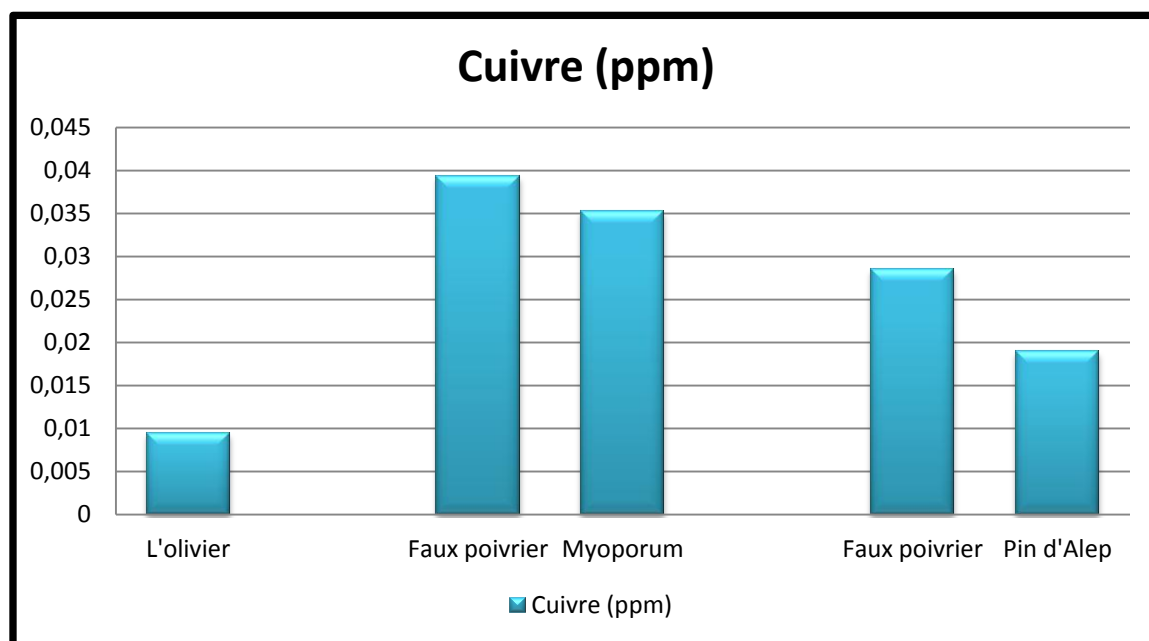


Figure 45 : Représentation graphique de la concentration en cuivre (ppm) dans les trois stations d'échantillonnage

Selon **la figure 45** on a une concentration en cuivre (ppm) dans la première station pour l'échantillon de l'olivier c'est de 0,0095 ; le faux poivrier et le myoporum de la deuxième station de 0,0393 et 0,0353 ppm respectivement.

Il ressort une importante accumulation au niveau de la mine (station 2) que dans les stations aval et amont.

Les valeurs obtenues montrent que les échantillons des trois stations d'échantillonnage de la zone ne dépassent pas les normes selon **(M.Kürsad Türkdoğan et al, 2003).**

3. Discussion et conclusion générale

L'évaluation de l'effet de l'extraction du minerai de fer sur l'environnement a été abordé par la caractérisation physique et biologique de cet environnement, et dans un souci de cerner cet effet nous avons retenus trois stations représentés selon axe défini par la direction des vents dominants dans cette région.

Les trois stations retenues se répartissent comme suit ; la station 1 à l'Ouest de la mine, la deuxième station située au niveau de la mine (ville de l'Ouenza) tandis que la troisième station est située à plus de 3km à l'Est de cette dernière.

Les prélèvements ont porté sur le sol, la végétation sur place et les eaux de surface, la station 2 ne contient pas une source d'eau permanente.

La caractérisation du sol a porté sur plusieurs paramètres physico-chimiques d'une part et sur la possibilité de contenir des éléments toxiques (Métaux lourds). Les résultats révèlent qu'au niveau du sol l'ensemble des caractéristiques sont en équilibre avec les conditions du milieu et traduisent une évolution naturelle des sols en milieux semi-arides. La concentration des métaux lourds au niveau des sols ne semble pas être affectée par la mine.

La caractérisation des deux stations d'eau avant et après la mine ne semble pas être affectée par l'activité minière de la région, cela est probablement lié à l'importance des cours d'eau et leurs vitesses d'élimination de ces matières. La détermination de la concentration en métaux lourds dans les eaux des oueds ne semble pas être affectée.

L'influence de l'activité de la mine de l'Ouenza sur la végétation a été évaluée par la mesure de certains indicateurs physiologiques du métabolisme des plantes.

L'absence d'un couvert végétal dense et homogène nous a contraints de prélever les espèces présentes malgré leurs différences et leurs aptitudes. Les espèces étudiées montrent une certaine perturbation particulièrement au niveau de l'assimilation chlorophyllienne, car l'accumulation de la poussière bloque tout échange entre l'atmosphère et la plante réagit par une forte production de matière organique et de son accumulation au niveau de certains organes.

Les poussières les plus fines sont transportées plus loin et ont une action plus forte que les grosses particules déposées sur la surface foliaire de la deuxième station.

A la lumière de cette étude, il ressort que l'activité de l'extraction du minerai ne semble pas produire des éléments perturbateurs de l'atmosphère hors les quantités de poussières qui traverse les tissus producteurs pour créer une barrière devant tout échange avec le milieu extérieur obligeant les plantes à s'adapter à cette situation .

Le contrôle et la réduction de l'émission de poussières semble l'unique manière de protéger l'environnement dans cette région.

Résumé

Le gisement ferrifère de la mine de l'Ouenza est situé à 120 km au Sud Est de Annaba et à 80 km au nord de Tébessa. La mine est l'une des plus importantes unités de production de fer dans tout le territoire Algérien.

Le minerai provoque une expansion de poussières qui envahissent presque tous les quartiers de la ville. Cette poussière est non seulement la source d'une dégradation de l'environnement, mais aussi de la qualité des eaux de surface, en plus elle a un impact sur la végétation.

Cette expansion de poussières est aussi la cause principale des maladies pulmonaires dont la silicose qui se propage dans ce milieu urbain.

Dans cette étude expérimentale nous nous sommes intéressés à l'évaluation de l'impact de l'exploitation du gisement ferrifère de l'Ouenza et sur l'environnement.

Les résultats analytiques obtenus indiquent qu'au niveau du sol l'ensemble des caractéristiques sont en équilibre avec les conditions du milieu et traduisent une évolution naturelle des sols qu'est en équilibre avec le milieu semi-aride, il est de même pour les qualités des eaux qui ne semblent pas être affectées par l'activité minière de la région.

La réponse de la végétation à cette perturbation se manifeste particulièrement au niveau de l'assimilation chlorophyllienne. Les poussières les plus fines sont transportées plus loin et ont une action plus forte que les grosses particules déposées sur la surface foliaire.

Quant à l'évaluation de la concentration en métaux lourds dans les sols et les eaux des oueds ainsi qu'au niveau des végétaux ne semblent pas être affectés.

Mots-clés ; Gisement ferrifère, Chlorophylles, métaux lourds, poussières, Ouenza

➤ Summary

The deposit ferriferous mine of the Ouenza is located 120 km south south east of Annaba and 80 miles north of Tebessa. The mine is one of the most important iron production units throughout the Algerian territory. Ore expansion causes dust that pervades almost all areas of the city. This dust is a source of degradation of environment, quality of surface waters and impacts on vegetation. In addition, pulmonary diseases including silicosis.

In this experimental study we were interested in assessing the impact of the exploitation of the iron-bearing deposit Ouenza and its impact on the environment.

The analytical results indicate that the ground set of characteristics are in balance with environmental conditions and reflect a natural evolution of soils in semi-arid and water stations do not seem to be affected by the mining activity in the region. The concentration of heavy metals in soil and water (oued, wadi) not seem to be affected.

Plant species studied represent some disturbance particularly at the level of chlorophyll assimilation. The finest dust particles are transported further and stronger action than larger particles deposited on the leaf surface.

Key words; Iron Range deposit, chlorophylls, heavy metals, dust, Ouenza.

ملخص:

يعد منجم الوزنة الواقع على بعد 80 كيلومتر شمال ولاية تيسة و120 كيلومتر جنوب شرق ولاية عنابة، واحد من أهم وأثرى وحدات إنتاج الحديد في الوطن، لكن آثار عمليات استخراج هذه الثروات المعدنية تعود بالسلب على سكان المدينة، بسبب تسربات الغبار التي تعد مصدر تدهور البيئة بتلوث المياه السطحية، مما يؤثر مباشرة على الغطاء النباتي في هذه المنطقة، زيادة على ذلك تسبب هذه التسربات الملوثة أمراضا صدرية خطيرة لسكان هذه المنطقة العمرانية على غرار داء السحار الرملي "سيليكوز".

واهتمت هذه الدراسة العلمية التجريبية على تقييم عملية استغلال منجم الحديد بالونزة، وأثر ذلك على البيئة، حيث أشارت النتائج التحليلية أن خصائص الأرض والمياه بدت متوازنة مع الظروف البيئية التي تميز التربة شبه القاحلة ومكونات المسطحات المائية بالمنطقة، إذ يبدو أنها لم تتأثر نسبيا مع النشاطات الصناعية للمنجم.

ويمكن أثر استغلال المنجم الحديدي على النبات في الاضطرابات على مستوى استيعاب الكلوروفيل. كما كشفت الدراسة أن أرقى جزيئات الغبار تنتقل الى مناطق بعيدة، وبذلك فإن لها تأثير أخطر على النبات من الجزيئات الكبيرة التي تترسب على سطح أوراقها.

نفس النتائج سجلتها هذه الدراسة في تركيز المعادن الثقيلة على مستوى التربة وفي مياه الأودية المحاذية، إذ بدت عادية.

المفاتيح : منجم حديدي، الكلوروفيل، المعادن الثقيلة، غبار، الوزنة.

Références bibliographiques

Anonyme 1 www.thecanadianencyclopedia.co.htm

Anonyme2: www.mem-algeria.org

Anonyme 3: Documents du ministère de l'énergie et des mines, 2010

Anonyme 4: Direction des mines de la wilaya d'Annaba .Évolution des activités minières 1994-2004. Année 2010

Anonyme 5: www.mem-algeria.org

Anonyme 6: www.sites-pollues.ecologie.gouv.fr www.technosol.com

Anonyme 7: Chapitre II, généralités sur la pollution atmosphérique et ses effets, Projet du plan régional pour la qualité de l'air en Bourgogne Juillet 1999

Anonyme 8 : Plan Régional Pour La Qualité De L'air – Provence (Alpes Côte-d'Azur).

Anonyme 9 : La météo, ORAMIP, Observatoire Régional de L'air en Midi- Pyrénées

Anonyme 10 : Documents A.P.C Ouenza, 2011

Anonyme 11: <http://www.chanvre-info.ch/info/fr/Metaux-lourds-dans-l-environnement.html>

Abdaoui M., 2008. Effets des poussières de ciment sur la végétation (Olivier) dans la région de Hdjar-Soud, mémoire de fin d'étude d'ingénieur en écologie et environnement. Université Badji Mokhtar (Annaba). Algérie. 45p.

Ahlvik P., 1997. Programme to calculate Emissions from road transport- Methodology and Emissions

Alain V., 1998. Éléments de toxicologie. Ed. Flammarion.

Anne T S et Isabelle F., 2005. Contamination des Sols : Transferts des Sols vers les Plantes. Ed. EDP sciences et ADEME, Angers cedex, 413 p

Arquès P., 1998. La pollution de l'air (causes, conséquences et solutions). Ed. Edisud. 207p.

Atailia A. ,2009. Effets des poussières métalliques d'origine industrielle sur un organisme animale bio indicateur. Mémoire magistère écotoxicologie Université Badji Mokhtar (Annaba). Algérie. 45p.

Bachelier, 1980. Écologie de la faune du sol.

Baize D., 1988 ; Guide des analyses courantes en pédologie. Edt. INRA. Paris. 172p.

Bavay I. et Roussel A., 1992. Conditions atmosphériques et pollution photo - oxydante en Europe du Nord-Ouest : l'exemple de l'été 1989, Pollution Atmosphérique, 132, pp. 36-49.

Beggari N., Bourahla Y., 2010. La méthodologie d'une étude d'impact sur l'environnement Etude de cas laiterie «zone industrielle Berrahal », mémoire de technicien supérieur environnement et propreté, INSPF, El hadjar (Annaba). Algérie.

Bernard A. & Lawyens R., 1992. Cadmium, EMC, toxicologie, pathologies professionnelles.

Black C. & EVAN D., 1965. Methods of soil analysis. Ed. American Society of Agronomy. Part 2. 917-918 p.

Blanchot L., 2002. Doctissimo : Ma santé en un mot, pollution atmosphérique : Quels effets sur la santé. Septembre 2002.

Bliefert.C et Perraud ;R,200 1 : Chimie de l'environnement ;Air, eau, sols, déchetsAuteur(s) Ed. De Boeck .478 pages

Bonneau M., Souchier B. Pédologie 2^{ème} édition. Constituants et propriétés du sol. Ed.Masson. 665p.

Boudjemaa S., 2007.Contribution à l'étude des propriétés des sols de la région d'Annaba. 71p.

Bouzenoune A., 1993. Minéralisations péri diapiriques de l'Aptien calcaire : les carbonates de fer du gisement hématique de l'Ouenza, (Algérie orientale). Thèse de doctorat, université de Paris IV. France. 208p.

Buchdahl, 2000. Encyclopedia of the Atmospheric Environment.

Burthor J. et Stathman P.J., 1990. Trace metal in seawater, heavy metals in the marine environment.

Chain R., 2006. Influence des travaux de forage et de tir sur la stabilité des talus et des gradins des mines à ciel ouvert (cas: mine de fer de l'Ouenza), option; exploitation des mines. Thèse doctorat d'état. Université Badji Mokhtar (Annaba). Algérie. 145g.

CITEPA, 2002. Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique.

Day R., 1999. Enquête préliminaire sur l'impact de la décharge publique de BOULIMAT (BEJAIA) sur la santé humaine. PFE écologie, Univ Abderrahmane Mira (Béjaia).

Décret du 06 mai 1998. Critères internationaux de qualité de l'air.

Dubey R.C. et Dwividi R., 1998. Effect of heavy metals on growth and survival of macrophomina phaseolina (Tassi) Goid. Biology and fertility of soils. N°6.

Dubourdiou, 1956. Etude géologique de la région de l'Ouenza (Confins Algériens tunisiens). Thèses des sciences, Paris. Publications du service de la carte géologique de l'Algérie, Bulletin n°10. VOL 1 .659p

Duchaufour, 1970. Précis de pédologie .Ed, Masson et Cie. 481p.

Duthil J., 1973. Élément d'écologie et d'agronomie. Tome II. Exploitation et amélioration du milieu. Ed.J.B. Baillière. Paris. 265p.

Encyclopédie encarta, 2000. Pollution atmosphérique, 1993-1999 Microsoft Corporation.

Encyclopédie médicale. QUILLET 909p.

Fauri C., Ferra A., Medori P. et Devaux J., 1999. Écologie : approche scientifique et pratique 4^{ème} édition ; Lavoisier Tech & Doc.

Fontan J., 2003. Les Pollutions de l'Air les Connaître pour les Combattre. 2^{ème} Ed., Vuibert, Paris, 211p

Gadd G.M., 2001. Metal transformation in. ED: Fungi in bioremediation. Cambridge university.

Gaucher G., 1968. Traité de pédologie, agricole, le sol et ces caractéristiques agronomiques.éd DUNOD. Paris. 578p.

Gautier M.E.F, 1948. Évolution de l'Algérie, Cahiers III du Centenaire de l'Algérie. Collection personnelle.

GTZ, 2001. Guide des études d'impact sur l'environnement, projet : renforcement des capacités institutionnelles de l'environnement, ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.

Hamadi Tadjine A. Dec2007. Impact de la pollution atmosphérique d'origine particulaire sur deux modèles (le rat et el lapin), Approche histologique, biochimique ; Thèse de doctorat Option : Biologie animale. Université Badji Mokhtar (Annaba). Algérie.

Herrick, C.N and Carlson, R.L. (1990). Densities and porosities in the oceanic crust and their variations with depth and age. *Journal of Geophysical Research* .

Herreboudt F. Pollution automobile, Revue - Numéro 48, Direction de la recherche, Renault.

Herrick G., T. Friedland A.J 1990 :Patterns of trace metal concentration and acidity in Montana forest soil in the northeastern United States. Water, air soil pollution.

Holden M., 1975. Chlorophylls I, chemistry and biochemistry of plant pigments. 2ème édition. T. W. Goodwin. *Academic press Edition*. New York. pp. 1-37

Jarup I., 2005. Hazards of heavy metal contamination. Department of epidemiology and public health. Imperial college, London UK.

Journal officiel, 1983. Journal officiel de la République Algérienne du 08/02/1983. Loi n°83-03 du 5 février 1983, relative à la protection de l'environnement.

Kozlowski R., Kozłowska J., Grabowska L., Mankowski J., Szpakowska B ;2003 : Métaux lourds dans l'environnement, menaces et possibilités de riposte .**Institut des Fibres Naturelles, Poznan, Pologne .Centre de Recherche pour l'Agriculture et la Forêt.**

Kleche M., 2002. Impact des métaux lourds sur les végétaux supérieurs. Thèse de magistère, Université de Badji Mpkhtar (Annaba). Algérie.

Knox A.S.; Seaman J.C. ; Mench M.J. et Vangronsvelt J., 2000. Remediation of metal radionuclide contaminated soils by in situ stabilization techniques in Iskades, I.K (ED). Environmental restoration of metals contaminated soils. Lewis publishers, Boca Raton,Fl.

Lagadic ; Caquet T. et Amirad J.C., 1997. Biomarqueurs et écotoxicologie, aspects fondamentaux; Ed. Masson.

Lagdic L., Caquet T., Amirad J.C. et Ramade F., 1997. Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de l'environnement. Lavoisier Tec Doc.

Legrand C. et Chene F., 2003. Développement durable et haute qualité environnementale. Christian Edition: dossiers d'experts, Techni.cités. 199p.

McKinney, G. 1941. Absorption of light by chlorophyll solutions. J. Biol. Chem.140 : 315-322

Marcheioine A., 1997. Transport, énergie, environnement : modes de vie et comportements. Note ADEME, paris.

Degremont, 1989. Mémento technique de l'eau : vol. 1, 9^{ème} édition. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 592p.

Monneveux Ph., Nemmar M., 1986. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre et le blé dur ; étude de l'accumulation de la proline au cours de cycle de développement. Agronomie 6. 583-590 pp.

Mardsen P.A., 2003. Increased lead burden, cause or consequence of chronic renal insufficiency. Ed. New England J.M.

Martin J. et Lucien Y., 1988. Santé et pollution de l'air, Presse polytechnique romandes, 127-145pp.

Masclat P., 2005. Pollution atmosphérique, causes, conséquences, solutions et perspectives. Pierre MASCLET. Edition : ellipses. 213p.

Matei B. et Ursu P., 1979. Pollution et protection de l'atmosphère .ED : Eyrolles .307p.

May M.J. et Leaver C.J., 1993. Oxidative stimulation of glutathione synthesis in *Aradopsis thaliana* suspension culture. *Plant. Physiology*. 103. 621-627pp.

Mezarguia D., 2008. Effets des poussières de ciment sur les agrumes dans la région de Hdjar-Soud. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur en écologie et environnement. Université Badji Mokhtar (Annaba). Algérie.

OMS 2000. Air quality, guidelines for Europe. Second edition, n°91.

O.R.G.M. National bureau of mining and geological research.

Patterns of trace metal concentrations and acidity in mountain forest soils of northeastern US

Pauwels J.F., 1999. Modélisation de la formation des oxydants photochimiques.

Petit Larousse de la médecine, 1976 : Librairie Larousse. 842p.

Popescu M., Blanchard J.M. et Jean-carré, 1998. Analyses et traitement physico-chimiques des rejets atmosphériques industriels émissions, fumées, odeurs et poussières. Ed. Lavoisier Tec et Doc, 1998. 854p.

Rodier J., 1996 : L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer). Ed. Dunod techniques.8^{ème} édition.

Sbargoud A., 2009. Diagnostic environnemental de la gare routière (pollution atmosphérique par TSP et métaux lourds). Mémoire d'Ingénieur d'état en Ecologie et Environnement. Université Mouloud MAMMERI (TIZI-OUZOU). Algérie.

Shields R. et Burnett W., 1960. Determination of protein bound carbohydrate in serum by a modified anthrone method. *Anal. Chem.* 32. pp. 885-886.

Soltner D., 2003. Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles. 23^{ème}. Ed. Paris. 472p.

Tomas F., 1970. Les mines et la région d'Annaba, revue de géographie de Lyon Volume 45, numéro 45-1, pp. 31-59.

Vernet J.P. Heavy metals in the environment, trace metals in the environment .Ed .Elsevier. 405p.

Viskari E.L., Surakka J., Pasanen P., Mirma A., Kossi S., Ruuskanen J. et Holopainen J.R. 2000. Response of spruce seeding (*Picea abies*) to exhaust gas under laboratory conditions. Plant-insect interactions. *Environmental. Pollution.* Vol 107. pp. 89-98.

Water–Air–Soil Pollut., 53 (1990), pp. 151–157 (normes).

Annexes

Tableau n°17 : Qualité des eaux de surface à partir de plusieurs paramètres (Agence Algérienne des bassins versants, 1999)

Classe de qualité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
NH ⁺ 4 (mg/l)	< 0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	>8
PO-4 (mg/l)	<0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	0,5 à 1	>2
NO ₃ ⁻ (mg/l)	<5	5 à 25	25 à 50	25 à 50	>80
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 1	0,3 à 1	>2

Tableau n°18 : Échelle de désignation de type de sol en fonction du pH (GAUCHIERS & SOLTNER, 1981).

Ph	Désignation des sols
3 – 4,5	Extrêmement acide
4,5 – 5	Très fortement acide
5 – 5,5	Très acide
5,5 – 6	Acide
6 – 6,75	Faiblement acide
6,75 – 7,25	Neutre
7,25 – 8,5	Alcalin
≥8,5	Très alcalin

Tableau n°19 : Normes de la concentration des métaux lourds dans les sols, végétaux (ppm) (Herrick et al. 1990)

Elément	Sol	Végétal
Pb	2–13.4	6–9
Cd	<0.1	<0.5
Cu	5–5.6	2–20
Ni	10–50	1–10
Mn	100–400	10–20
Zn	60–780	5–100
Co	1–20	0.02–0.5

Tableau n°20: Échelle de désignation de la salinité du sol en fonction de la conductivité électrique (USSS, 1994).

La CE	Salure
0,0 – 0,6	Non salé
0,6 – 1,4	Peu salé
1,4 – 2,4	Salé
2,4 – 6	Très salé