

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

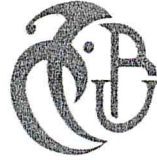
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA



Faculté des Sciences
Département de Physique



MEMOIRE

De fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Matière Rayonnements

Présenté par : Bouziani djazia

THEME

L'étude du fond géochimique du sol d'un site

Forestier de Bainem

Année universitaire 2016 / 2017

Soutenu Publiquement devant le jury :

President

BENAMAR Mohamed El Amine

Professeur

Université de Blida 1

Encadreur

Belamri Mohammed Amine

Docteur

Chercheur Principal
de CRNA

Examineur docteur

Azbouche Ahmed

Chercheur Principal
de CRNA

19/06/2017

MA-530-133-1

REMERCIEMENTS

C'est avec un très grand honneur que nous réservons cette page en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour faire cette étude.

Nous exprimons notre gratitude à notre encadreur Docteur BELAMRI Mohammed d'avoir accepté de diriger ce travail, nous sommes touchés par ses compétences, sa rigueur et pour l'aide précieux qu'il nous a apporté pour mener bien notre étude.

Nos remerciements s'adressent également à... le Président du Jury ainsi que les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer notre travail.

BOZIANI Djazia

Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce travail :

À mon père qui a souhaité vivre longtemps juste pour voir ce que nous sommes devenus.

À celle qui m'a transmise la vie, l'amour, le courage, à toi chère ma mère toutes mes joies, mon amour et ma reconnaissance.

À mes frères et sœurs.

Mes sincères dédicaces à mon promoteur Belamri Mohammed

À mes amis.

Enfin à tous les personnes ayant contribué à l'élaboration de ce travail, ou même par un sourire.

DJALFA

Table des matières

Remerciement	i
Dédicaces	ii
Sommaire	iii
Liste des figures	iv
Liste des tableaux	v
Résumé	vi
Introduction générale	1

Partie théorique

Chapitre I : Etude du fond géochimique et l'érosion du sol

I.1. Introduction	2
I.2. définition le sol	3
I.2.1. sols et interactions.....	3
I.2.2. L'organisation du sol	4
I.2.3. l'eau du sol	5
I.3. Le fond géochimique	6
I.3.1. Les éléments traces (éléments traces métalliques, éléments majeurs)	6
I.3.2. Famille pédogéologique	6
I.3.3. Fond pédogéochimique naturel	7
I.4. L'érosion généralités.....	7
I.4.1. L'érosion hydrique des sols.....	8
I.4.2. Erosion par le travail du sol	9
I.4.3. L'altération géologique	9

I.5. Conclusion.....	10
----------------------	----

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

II.1. Historique	12
II.2. Tubes à rayons X	12
II.2.1.Principe de Production des rayons X	14
II.2.1.1. spectre continu.....	14
II.2.1.2 .Spectre de raie du matériau de l'anode	15
II.3.principe de la méthode XRF	16
II.3.1. Phénomène effet photoélectrique	16
II.3.2.Spectromètres dispersifs en énergie (EDS /EDX)	19
II. 3.3. Dispersion en longueur d'onde WXRF.....	21
II.3.4. Choix du compteur.....	22
II.4.Analyse qualitative	22
II.5.Analyse quantitative	23
II.5.1.Méthode des standards externe.....	25
II.5.2.Méthode du standard interne	25
II.6. La limite de détection	26

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. Description de la région d'étude « forêt de Bainem »	27
III.1.1. Échantillonnage.....	28
III.1.2. Matériel utilisé	28
III.1.3. Échantillonnage sur le site d'étude	29
III.2. Préparation des échantillons.....	31
III.3. Analyse des échantillons.....	31

Chapitre IV :Résultats et discussion

IV.1. analyse qualitative	35
IV.2. analyse quantitative.....	35
IV.3. Distribution des éléments selon la profondeur	35
IV.4. Distribution des éléments au point de surface	39
IV.5. Limites de détection	40
IV.6. Discussion et interprétation des résultats.....	42
IV.7. Etude comparative.....	46
Conclusion	47
Référence	48

Liste des Figures

Chapitre I : Etude de fond géochimique et l'érosion du sol

Figure I.1 : Le sol est la peau de la planète Terre	2
Figure I .2 : Le sol un milieu à la croisée des composantes de la biosphère	3
Figure I.3 : La couverture pédologique en interface avec les autres grands compartiments de la planète Terre	4
Figure I.4 : Profil de sol	4
Figure I.5 : couches sont appelées « HORIZONS » et caractérisent les «SOLS EVOLUÉS »	5
Figure I.6 : L'érosion peut être très spectaculaire	8
Figure I.7 : Champ dans la région limoneuse belge touché par l'érosion par le travail du sol et l'érosion hydrique.....	9
FigureI.8 : Facteurs géochimiques affectant la chimie des éléments traces des sédiments. Il y a en effet une corrélation très marquée entre la diminution de la taille	10

Chapitre II : Fluorescence de rayon x

Figure II. 1 : Wilhem Conrad Röntgen (1845-1923)	12
Figure II. 2 : Schéma du tube rayon X.....	13
Figure II. 3 : Spectre continu d'émission d'un tube à rayons X (tube de Coolidge)	14
Figure II.4 :spectre discret (spectre de rais)	15
Figure II .5 : é éjecte électron dans les Shell K de l'atome par un créant d'excitation primaire	17

Listes de Figures

Figure III .8 : Echantillon utilisé pour analyse par (ED XRF)	33
Figure III .9 : (EDXRF) Epsilon3-xl panalytical	33

Chapitre IV : Résultats et discussion

Figure IV .1: spectre analyse chantillon.....	34
Figure IV .2 : Concentration des éléments Si, Al, Fe, K, Ca dans différents profils en fonction de la profondeur	42
Figure IV.3: Concentration des éléments Ba, Sr, Zn, Rb, V dans différents profils en fonction de la profondeur	43
Figure IV .4: Concentration des éléments Pb, Cr, Ni, Co dans différents profils en fonction de la profondeur	44
Figure IV .5 : Concentration des éléments Ti, Mg, P, Mn dans différents profils en fonction de la Profondeur.....	45

Liste des tableaux

Chapitre III : Matériels et Méthodes

Tableau III.1 : Caractéristiques des points de prélèvement..... 30

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau IV.1 : Concentration des éléments dans différent profondeurs au point 01
..... 36

Tableau IV.2 : Concentration des éléments dans différent profondeurs au point 02
..... 37

Tableau IV.3 : Concentration des éléments dans les points 03 38

Tableau IV.4 : Concentration des éléments de la surface 39

Tableau IV.5: Limites de détection au point 01 41

Tableau IV.6: Concentrations totales (mg/kg) de métaux lourds dans les sols étudiés (0 40 cm) comparées aux valeurs dans un sol normal. a, valeurs moyennes (Bowen 1979) ; b, concentrations moyennes..... 46

Résumé

L'Algérie connaît des problèmes de dégradation du sol dus aux précipitations. Il existe de nombreuses études sur le sol pour traiter le problème. Le travail qu'on a réalisé sur l'analyse du sol par la technique (EDXRF) nous a permis de déterminer sa composition chimique et de déterminer la relation entre les éléments dans le sol et le phénomène d'érosion.

ملخص

يعتبر انجراف التربة مشكلة تعاني منها الجزائر عند تساقط الامطار لذلك هناك دراسات عديدة حول التربة لتفادي هذا المشكل .

وهذا العمل الذي قمنا به بتحليل التربة التي تتكون من عناصر كيميائية بواسطة تقنية نووية سريعة التي تساعدنا في إيجاد علاقة بين تركيز هذه المواد الاخيرة في التربة والانجراف

هناك طرق تحليل التربة اخرى ولكنها تقليدية لا تزال غير كافية وبطيئة لتحديد توزيع هذه المواد لهذا يمكننا القول ان التقنية التي استعملناها هي تقنية مناسبة وسريعة لإعطائنا نتائج صحيحة و جيدة لتحليل التربة

Summary

Algeria is experiencing problems of soil degradation due to precipitation. There are many studies on soil to deal with problems. The work carried out on the analysis of the soil by a technique (EDXRF) allowed us to determine its chemical composition and to determine the relation between the elements in the soil and the erosion phenomenon.

Introduction générale

Introduction générale

L'Algérie, à l'instar des pays de la méditerranée, connaît actuellement de sérieux problèmes de dégradation des sols due à l'érosion hydrique et à ses effets. L'impact principal de l'érosion hydrique est la réduction de la fertilité du sol, qui mène à la disparition progressive des terres arables, en provoquant ainsi une sédimentation dans les réservoirs d'eau [1].

L'étude de la distribution des éléments traces dans le fond géochimique est un objectif important dans l'étude de l'érosion et de la sédimentation. Il consiste à voir analysé et quantifier les éléments chimiques présents dans le sol. Ceci permet entre autre de voir la relation entre l'érosion hydrique et le fond géochimique. La technique utilisée pour la quantification du fond géochimique est la technique la fluorescence X par dispersion d'énergie (ED XRF) qui est basée sur la détection des rayons X émis par l'élément composant l'échantillon après excitation.

La préparation des échantillons est une étape très importante avec le suivi d'une bonne méthodologie expérimentale pour pouvoir aboutir à de bons résultats.

Le travail repose fondamentalement sur l'étude de la composition géochimique du sol. Le site étudié est situé dans la région de la forêt de Bainem dans la willaya d'Alger.

Notre mémoire a été subdivisé en quatre chapitres.

Dans le premier chapitre, nous abordons le sujet du sol, le fond géochimique et l'érosion hydrique.

Dans le deuxième chapitre nous présentons les bases théoriques sur la technique EDXRF.

Dans le troisième chapitre nous détaillons les méthodes d'échantillonnage sur le site étudié, la préparation des échantillons dans le laboratoire et la méthodologie de quantifications des éléments du fond géochimiques.

Dans le quatrième chapitre nous présentons des résultats et leurs interprétations.

Ce travail sera achevé par une conclusion générale et les perspectives.

Chapitre I : Etude du fond géochimique et l'érosion du sol

Chapitre I : Etude du fond géochimique et l'érosion du sol

I.1. Introduction

La terre est définie dans cet ouvrage comme un échantillon de (sol) voir ci-dessous prélevé dans n'importe quel endroit de la couverture pédologique ; en conséquence il ne permet pas d'étudier le transfert potentiels s'exerçant dans celle –ci la terre est donc un matériau ; lié à l'utilisation du sol par l'homme : il le travail ; l'échantillon....ou y repose.

Analyse globalement un échantillon de terre tel qu'on peut le prélevé est trop complexe ; ses constituants sont bien trop variés : il faut donc le fractionner ; le premier critère de tri qui s'impose sépare les constituant organique et minéraux [2].

Le sol fait partie intégrante des écosystèmes terrestres et constitue l'interface entre la surface de la terre et le socle rocheux. Il se subdivise en couches horizontales successives aux caractéristiques physiques, chimiques et biologiques spécifiques [3].

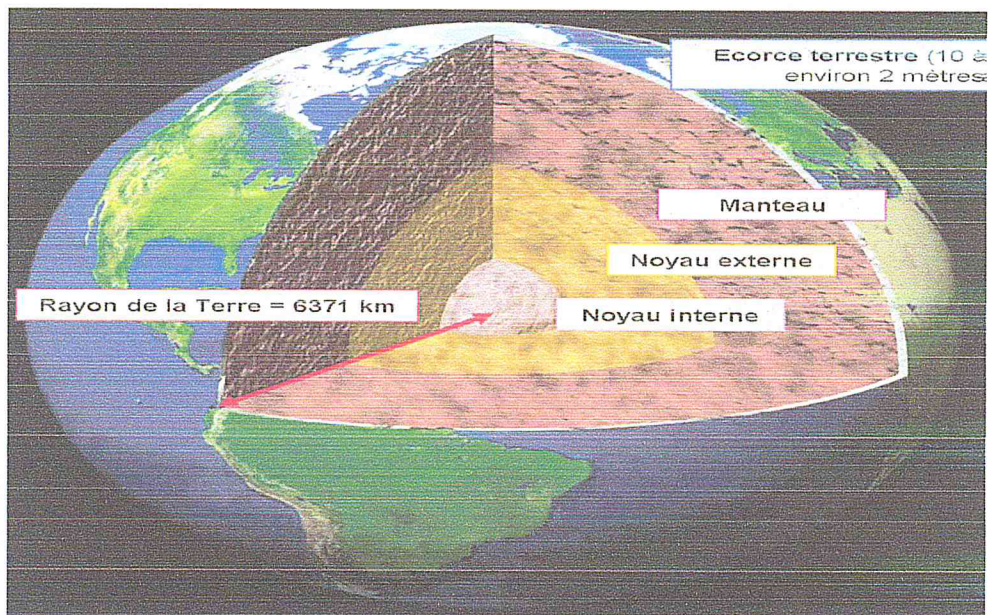


Figure I.1 : Le sol est la peau de la planète Terre.

(Source : www.scifun.ed.ac.uk/card/facts.html)

Chapitre I : Etude du fond géochimique et l'érosion du sol

I.2. Définition du sol

Un sol est ensemble organisé (en différent horizons), évolutif ; ou la vie est présente et dont le matériau est la terre ; il est le lieu de transferts de flux : eau, air, énergie et vie. Dans cet ouvrage ; on utilisera ce terme de manière générique ; sa position dans l'espace à trois dimension n'étant pas précisée : ni son extension géographique ; ni sa profondeur ; ni sa position dans le paysage.

I.2.1. Sols et interactions

Le sol un lieu d'interaction entre les différentes sphères conceptuelles constituant le globe terrestre [4] ; le sol est à la croisée de trois sphères : la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère, (Figure I.2) qui ensemble forment la biosphère (ensemble des organismes vivants et de leurs interactions avec les espaces qu'ils occupent). Les relations qu'entretiennent ces trois sphères entre elles et leurs organismes associés sont à l'origine de la formation du sol et de ses caractéristiques.

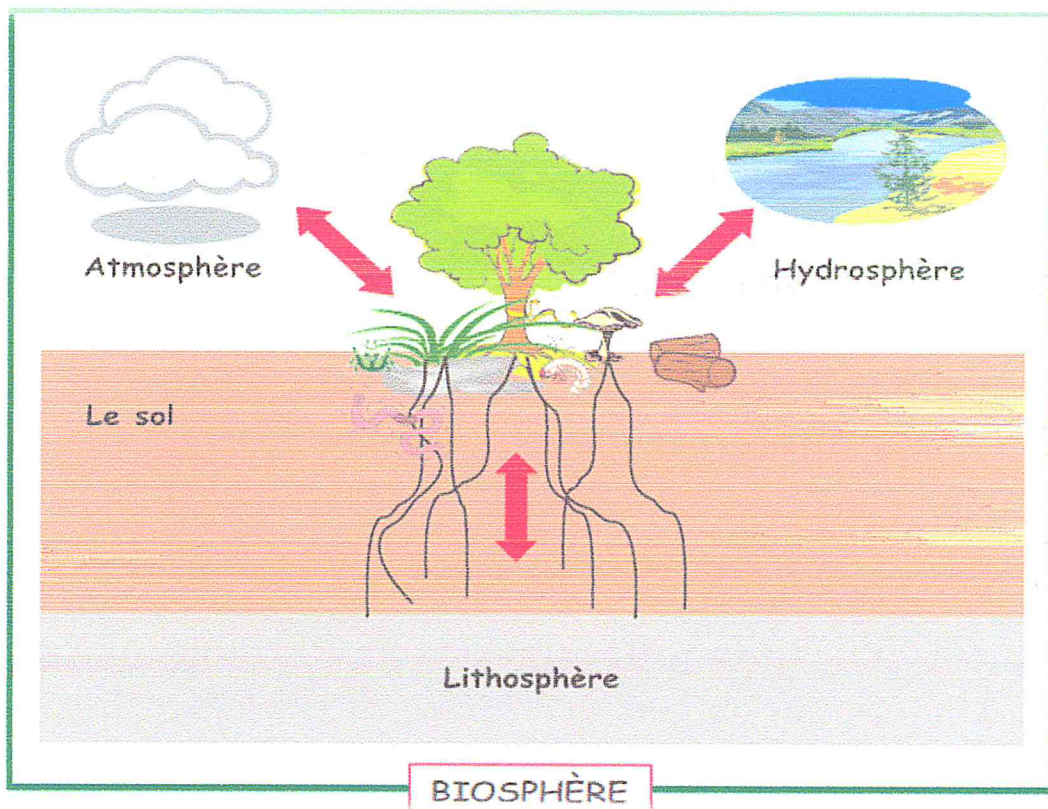


Figure I.2 : Le sol : un milieu à la croisée des composantes de la biosphère.

Chapitre I : Etude du fond géochimique et l'érosion du sol

Le sol se situe à l'interface de l'atmosphère, de l'hydrosphère (les eaux continentales, voire marines), de la biosphère (végétaux, microorganismes, animaux, dont l'homme : anthroposphère), de la lithosphère (les formations géologiques) et de la troposphère (relief) (*Figure I. 3*).

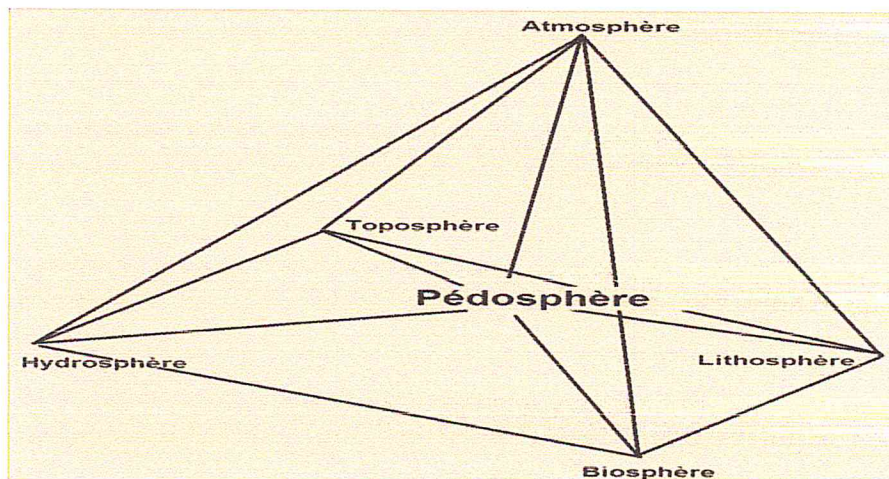


Figure I.3 : La couverture pédologique en interface avec les autres grands compartiments de la planète terre

I.2.2. L'organisation du sol

Le sol n'est pas une masse homogène. Il est possible de distinguer des couches superposées ayant des caractéristiques bien distinctes que l'on nomme « Horizons ». Ensemble, ces horizons constituent ce que l'on appelle le « profil de sol ».

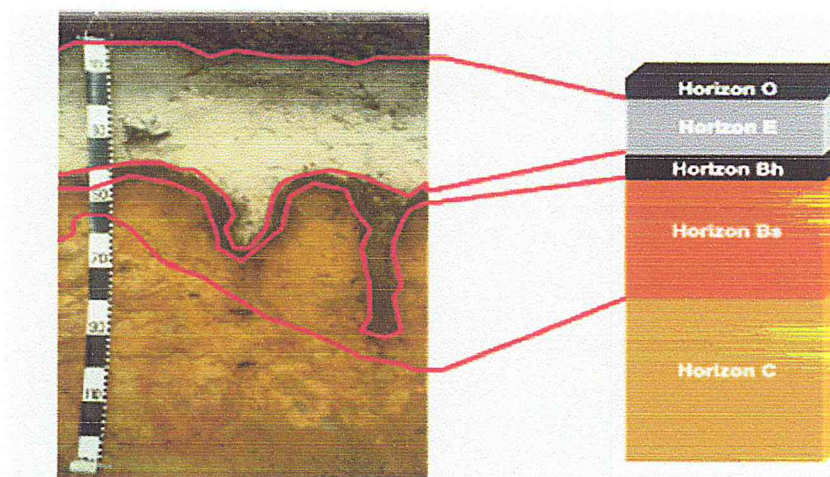


Figure I.4 : Profil de sol.

Chapitre I : Etude du fond géochimique et l'érosion du sol

Horizon O : matière organique ou peu dégradé (litière)

Horizon E : cendreux ou l'humus le fer et l'aluminium sont lessivés

Horizon Bh : accumulation d'humus

Horizon Bs : accumulation de fer et d'aluminium

Horizon C : roche mère : sable ou grès

I.2.3. L'eau du sol

L'eau du sol, également appelée la « solution du sol », contient des éléments minéraux provenant de la dissolution des roches, de la décomposition de la matière organique ou encore des engrais. Il s'agit, par exemple, de calcium (Ca), de phosphore (P), de potassium (K), d'azote (N), ... Cette solution est prélevée par les racines des plantes pour leur développement.

L'eau de pluie qui traverse le sol peut entraîner les particules les plus fines en profondeur. On parle du « lessivage » du sol. Cela conduit à un appauvrissement des couches supérieures et un enrichissement des couches plus profondes en éléments fins. D'autres mécanismes (par ex. la précipitation de fer ou de certains sels) peuvent aussi conduire à la formation d'horizons (figure I.5) [5].

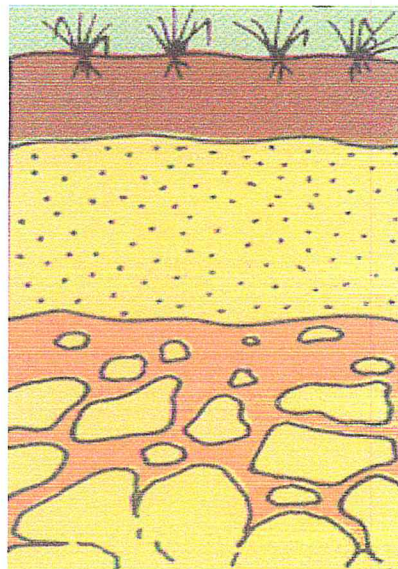


Figure I.5 : couches sont appelées « HORIZONS » et caractérisent les « SOLS EVOLUÉS ».

I.3. Le fond géochimique

La composition chimique initiale du matériau géologique dans les roches plutoniques, volcaniques ou métamorphiques, divers minéraux ont cristallisé et certains peuvent être particulièrement chargés en éléments traces (par exemple la chromite, l'olivine, la garniérite). Les teneurs en éléments traces des roches sédimentaires et des alluvions dépendent largement des roches érodées en amont et transportées ensuite par les cours d'eau. Ensuite, les compositions initiales des matériaux géologiques peuvent être localement très modifiées par des minéralisations post-formation ou post-sédimentation. Ces minéralisations peuvent donner lieu à des gisements miniers plus ou moins facilement exploitables. La composition chimique finale des roches, résultant de toute leur histoire géologique sur des millions d'années, définit le fond géochimique.

I.3.1. Les éléments traces (éléments traces métalliques, éléments majeurs)

Conventionnellement, les éléments traces (ou éléments en traces) sont les 80 éléments chimiques, constituants de la croûte terrestre continentale, dont la concentration est pour chacun d'entre eux inférieure à 0,1 %. Ils ne représentent à eux tous que 0,6 % du total, alors que les 12 éléments majeurs interviennent pour 99,4 %. Fer (Fe), Aluminium (Al) et Manganèse (Mn) sont les éléments majeurs les plus souvent analysés. Lorsque les éléments traces sont des métaux (par exemple Cadmium(Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Plomb (Pb), Zinc (Zn), ils sont nommés éléments traces métalliques (ETM).

I.3.2. Famille pédogéologique

Plusieurs séries de sols peuvent être rassemblées en une seule famille pédogéologique dans la mesure où elles ont subi la même pédogenèse agissant dans un même matériau parental et qu'elles ont donc connu les mêmes processus de concentration ou de redistribution à partir d'un même héritage géochimique. Chaque famille pédogéologique peut être caractérisée par des fourchettes de concentrations en ETM étroites

Chapitre I : Etude du fond géochimique et l'érosion du sol

I.3.3. Fond pédogéochimique naturel

Le fond pédogéochimique naturel (FPGN) est la concentration d'un élément chimique dans un sol (que ce soit un élément majeur– ou un élément en traces).

Le FPGN, pour un élément donné, dépend d'abord étroitement de la composition du matériau géologique dont le sol est issu (dit alors matériau parental ou roche-mère). Mais ensuite, au fur et à mesure de l'action des processus pédogénétiques, le FPGN va se distinguer du « fond géochimique » local initial et se diversifier, verticalement et horizontalement, d'un horizon à une fonction du jeu relatif des altérations et lixiviations, des migrations, des redistributions et des éventuelles concentrations de matières. Ainsi, dans les cas des sols les plus vieux et les plus différenciés, les fonds pédogéochimiques naturels peuvent devenir très différents des fonds géochimiques de départ, particulièrement dans certains horizons très appauvris ou, au contraire, dans des horizons où divers métaux s'accumulent .

Les fonds géochimiques et les fonds pédo-géochimiques naturels (valeurs moyennes ou médianes, gamme de variation) n'ont de sens que rapportés explicitement à un territoire plus ou moins grand : écorce terrestre, continent, faciès de roches dans une région donnée (on parle alors de fond litho géochimique), bassin versant, soul, voire horizon [6].

I.4. L'érosion généralités

L'érosion des sols est un phénomène de déplacement des matériaux à sa surface ; après détachement des particules de terre ; sous l'action de l'eau ; du vent ; de la gravité ou de l'homme [7]. On parle alors d'érosion hydrique ou éolienne. L'érosion dans nos régions est essentiellement hydrique [8].



Figure I.6 : L'érosion peut être très spectaculaire

I.4.1. L'érosion hydrique des sols

Les précipitations et le ruissellement de l'eau sur les terres agricoles peuvent être à l'origine d'une érosion hydrique des sols, incluant éventuellement le déplacement des particules érodées jusqu'aux cours d'eau. Ce processus peut avoir des conséquences écologiques et financières significatives. La formation de rigoles et de ravines, ainsi que les coulées et les inondations boueuses peuvent en effet entraîner des dégâts importants, tant aux parcelles agricoles et aux cultures qu'aux infrastructures situées aux alentours. A plus long terme, l'érosion de la couche superficielle des sols peut causer une baisse des rendements agricoles. Les coulées de boue liées à l'érosion hydrique augmentent par ailleurs la charge en sédiments des cours d'eau, des Collecteurs d'égouts et des bassins d'orage, avec notamment comme conséquence une hausse du risque d'inondation. Enfin, des quantités non négligeables de nutriments et de micropolluants, fixés sur les particules de sol et la matière organique érodées, peuvent être déplacées vers les cours d'eau et les autres agroécosystèmes, affectant la qualité écologique de ces différents milieux [9].

L'érosion hydrique génère une quantité importante de sédiments dans le paysage. L'ensemble du matériau érodé n'atteint cependant pas les cours d'eau: environ 80 à 90% des sédiments se redéposent avant d'y arriver.

I.4.2. L'érosion par le travail du sol

Au cours du travail du sol sur les champs se produisent d'une part un déplacement net du sol vers l'aval de la pente et, d'autre part, des nuages de poussières. Ces deux processus sont repris sous le vocable d'érosion par le travail du sol ou «érosion aratoire ». Des expérimentations ont montré que la distance moyenne de déplacement du sol sous l'effet des outils de travail du sol est proportionnelle au gradient de la pente. Les variations du gradient de la pente et la présence de limites de parcelles déterminent s'il y a érosion ou sédimentation). L'érosion du sol se produit sur les pentes convexes (les bosses) ainsi qu'en aval des limites de parcelles alors qu'une sédimentation importante s'observe sur les pentes concaves (le *Figure I.7*) pied de la pente) et en amont des limites de parcelles. Etant donné que l'érosion par le travail du sol est un phénomène qui a lieu à l'intérieur des limites de parcelles, ses conséquences sont principalement locales (une redistribution de substances nutritives comme l'azote, le phosphore et le carbone organique au sein des parcelles). La formation de talus est également due en grande partie à l'érosion par le travail du sol [10].

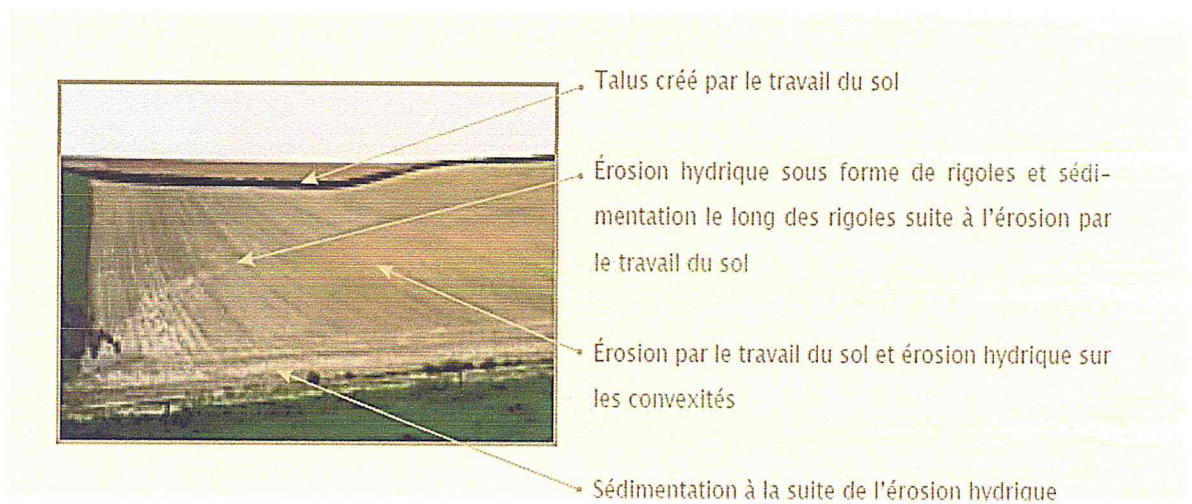


Figure I.7 : Champ dans la région limoneuse belge touché par l'érosion par le travail du sol et l'érosion hydrique

I.4.3. Altération géologique

L'érosion des sols et des roches porteuses de métaux apparaît quand les processus d'érosion par le vent, de lessivage par la pluie et d'érosion par les eaux courantes détachent et transportent les particules du sol. Cette érosion dépend de la force ou de l'énergie de ces processus d'érosion (érosivité) et de la capacité du sol à

Chapitre I : Etude du fond géochimique et l'érosion du sol

leur résister (érodibilité). Ces deux aspects de l'érosion (érosivité et érodibilité) impliquent certains processus d'interaction chimique, biologique et mécanique opérant à différentes échelles [11].

I.5. Conclusion

Nous remarquons le sol, le fond géochimique et l'érosion sont reliés par cette relation comme suite :

Les états de surface de la couverture pédologique sont en relation directe avec la troposphère, la gravité, l'hydrosphère (figure I.3) et les vents l'érosion, parce que l'hydrosphère et la troposphère déterminent les transferts latéraux de matières ou solutés, des formes d'érosion et de dépôt de matériaux terreux [12].

Les facteurs géochimiques majeurs affectant la chimie des éléments traces dans les sédiments sont : la taille des grains, leur surface et les substrats géochimiques (figure. 8)

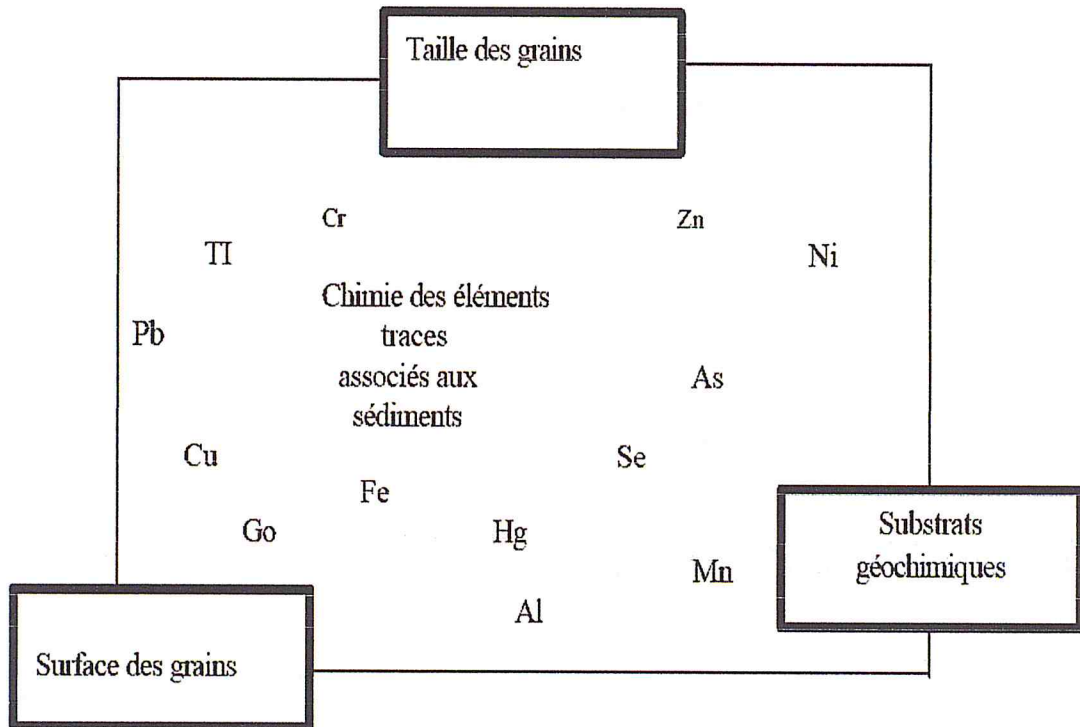


Figure I.8 : Facteurs géochimiques affectant la chimie des éléments traces des sédiments.

Il y a en effet une corrélation très marquée entre la diminution de la taille des grains et l'augmentation de la concentration en élément trace. La capacité d'adsorption est liée à la surface des grains et aux propriétés de surface des particules.

Chapitre I : Etude du fond géochimique et l'érosion du sol

Ainsi, les réactions chimiques de surface sont extrêmement importantes au niveau des interactions entre éléments traces et sédiments en milieu aquatique. Alors, les sédiments très fins comme les argiles minérales ont une grande capacité d'adsorption, du fait de leur grande surface spécifique, et sont pour cela les sites principaux pour la collecte et le transport des constituants inorganiques [13].

À court terme, l'érosion hydrique peut entraîner le lessivage des semences et des jeunes pousses. Au pied des pentes sensibles à l'érosion, les cultures sont recouvertes de sédiments ou peuvent souffrir de l'eau en stagnation. Selon Bollinne et al. (1978c), l'érosion du sol et la sédimentation dans la zone limoneuse wallonne sont responsables d'une perte de rendement qui s'élèvent de 3 à 5% en moyenne. Une partie des engrais et des pesticides est également lessivée en même temps que le sol. Enfin, la sédimentation dans les cours d'eau et les bassins d'orage est une importante conséquence à long terme de l'érosion du sol. Les bassins d'orage servent à réduire les pics de débit d'écoulement et entrent en jeu en cas d'évènements pluvieux importants qui entraînent également un transport de sédiment élevé (figure I.7) [14].

Chapitre II :
Fluorescence
de rayon X

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

II.1 .Historique

Le physicien allemand Wilhelm röntgen (lennp 1845-much1923) annonçait une nouvelle découverte à la fin de 1895 ; qu'il appeler a plus tard rayon x.

En 28 décembre 1895 il parvient à photographier le squelette dès lors ; il remet à la société médico-physique de Würzburg un article qu'il publie aussitôt dans son bulletin et s'intitule une nouvelle espèce de rayon. Cette découverte a trouvé dans un premier temps des applications principalement dans le domaine de la médecine. Ce n'est que dans les années 50 que l'application de la fluorescence x dans l'analyse chimique deviendra courante. Aujourd'hui l'application de la fluorescence x sont très diversifiées (domaines d'application) [15].



Figure II. 1: Wilhem Conrad Röntgen (1845-1923)

II.2. Tubes à rayons X

La source usuelle des rayons X est le tube Coolidge, du nom de son inventeur (1917). C'est un tube à vide comportant deux électrodes :

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

- ❖ Une cathode émettrice d'électrons
- ❖ Une anode, ou anticathode, qui est une masse métallique portée à un potentiel positif de l'ordre de 10 à 30 kilovolts dans les tubes ordinaires [16].

Tube à vide de rayon x est constitué d'une chambre faible de pression (1/100mmHg). Les électrons sont émis par un filament (plus température) tungstène ; de l'anticathode et chauffé par un courant électronique par une basse tension (BT) quelque volt ; et une anode (masse métallique) portée à une haute tension positive de 40 et 100 kV ; puisque la cathode en chauffant émet des électrons (effet thermique) ces électrons sont accélérés dans le champ électrique créé par une différence de potentiel très élevée existant entre la cathode et l'anode et vont entrer en collision ; ce qui a pour effet l'excitation des couches internes des éléments métalliques

Les déplacements des électrons qui en résultent seront accompagnés par une émission de rayons x ; ces rayonnements sont émis du tube et vont passer à travers une fenêtre (béryllium) parce que plus légère pour être focalisée sur l'échantillon à tester ; le rayonnement émis est constitué principalement de raies k et L de la cathode métallique.

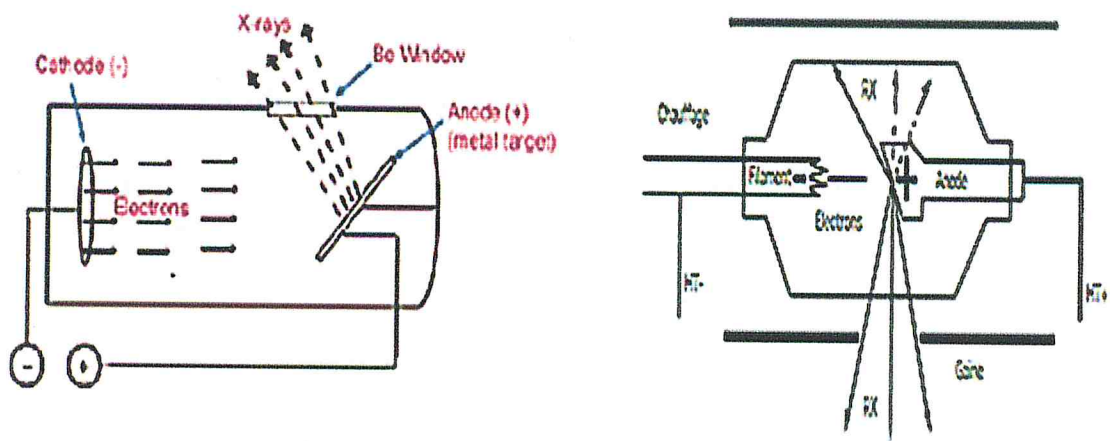


Figure II. 2 : Schéma du tube rayon X

II.2.1. Principe de Production des rayons X :

Deux phénomènes bien distincts sont à l'origine de la nature des rayons X produits :

- ❖ Spectre continu.
- ❖ Spectre de raie du matériau de l'anode

II.2.1.1. spectre continu.

Pour expliquer le spectre continu on rappelle que chaque charge électrique accélérée produit radiation électromagnétique. Si un faisceau d'électrons accélérés à un potentiel de quelques dizaines de kV ("rayon cathodique"), est envoyé contre un matériel solide, les électrons sont brusquement freinés. Dans un tel processus ils émettent des radiations électromagnétiques parmi les quelles sont abondantes les rayons X. Ce type de radiation est appelée radiation de freinage ou *bremsstrahlung* (*bremsen*= freiner et *strahlung*= radiation).

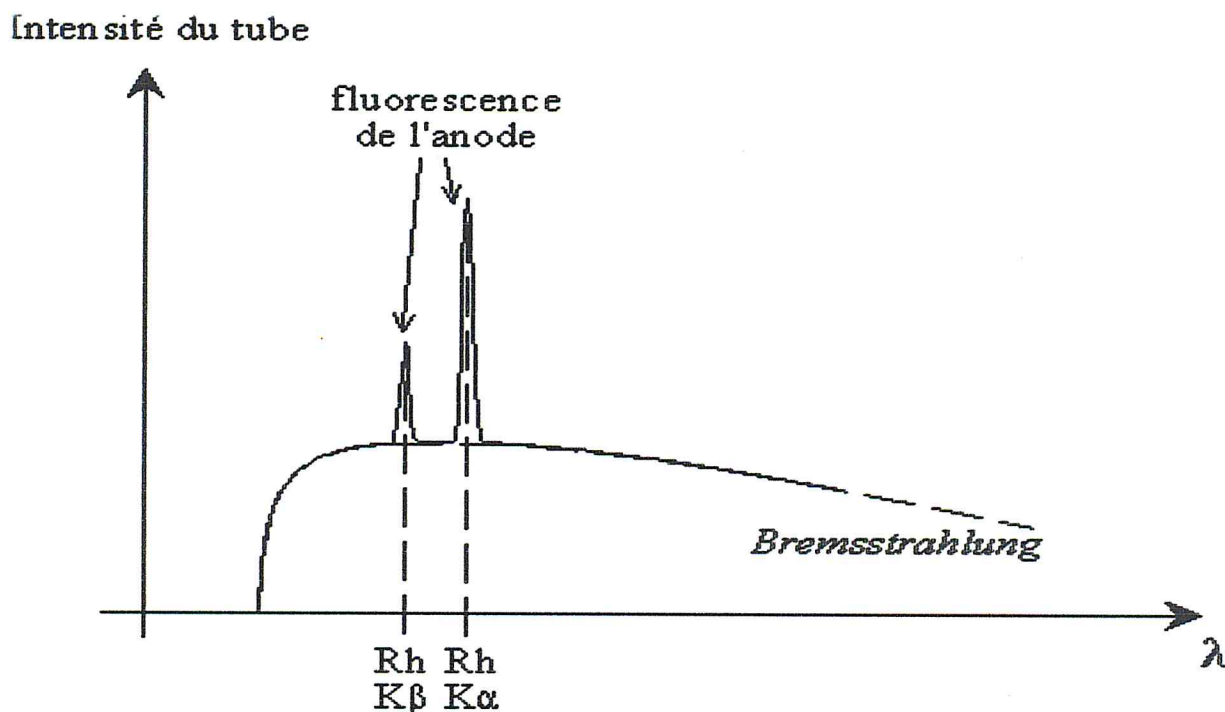


Figure II. 3 : Spectre continu d'émission d'un tube à rayons X (tube de Coolidge)

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

II.2.1.2 .Spectre de raie du matériau de l'anode

Comme il existe plusieurs niveaux d'énergie dans un atome ; son excitation conduit à l'émission d'un grand nombre de rayonnement X; de fréquences différentes ; chaque rayonnement se traduit par une raie.

Si la transition électronique a lieu entre les couches K et L une raie dite $K\alpha$ est émise ; si elle a lieu entre les couches M et K c'est la raie $K\beta$ qui est alors émise entre M et L c'est la raie $L\alpha$.

Si la transition a lieu par exemple entre les couches K et L ; l'énergie du rayonnement X émis est donnée par l'équation suivant :

$$E_x = E_k - E_l = h\nu \quad (\text{II.1})$$

L'ensemble de toutes les raies constitue le spectre d'émission caractéristique de l'atome, $\Delta L = \pm 1$ et $\Delta J = 0, \pm 1$

Où : L : est le nombre quantique orbital.
J : est le nombre quantique du moment cinétique total. [17]

Les principales Transitions permises des électrons sont représentées sur la (figure II. 4)

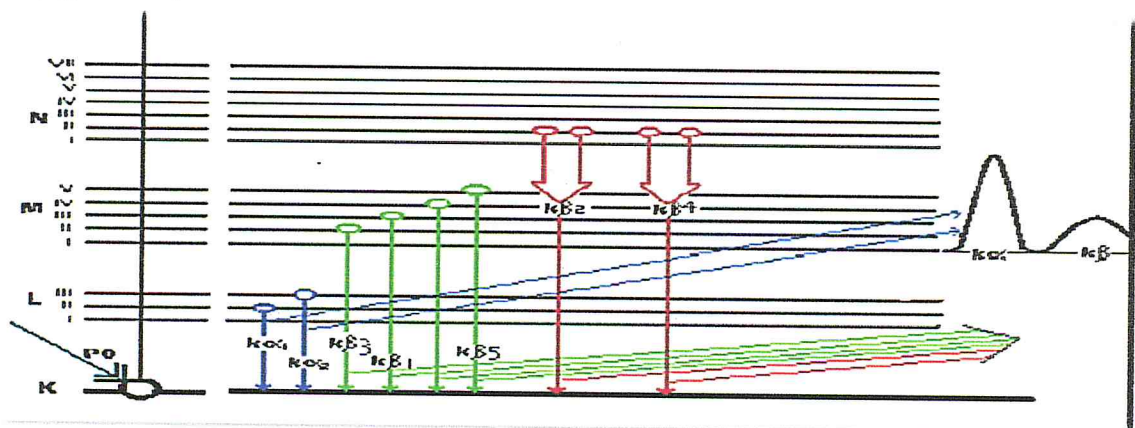


Figure II.4: spectre discret (spectre de raies)

Il y a des atomes radioactifs qui sont des sources de rayons X monochromatiques. Ces sources sont bien moins intenses que les émissions caractéristiques d'un tube à rayons X, c'est à dire que le fond continu est beaucoup plus faible [18]

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

Les rayons X et gamma peuvent elles aussi exciter les couches internes des atomes ; dans certain cas l'utilisation de source radioactives émettrices des X et gamma rend possible l'excitation de fluorescence des éléments chimique rendant ainsi le tub rayon x super flux donc de particules ou photon faible mais elles ont contre l'avantage d'être peu comparantes et peuvent exister une surface relativement grande en plus ;leur prix n'est pas très élevé ;le niveau d'énergie du spectre émis est stable ;cependant l'intensité de croit avec le temps suivant une loi exponentielle mais cette de croisant est tares lent et peut donc être négligée[19].

II.3.principe de la méthode XRF

La spectrométrie de fluorescence X (XF ou XRF pour X – ray fluorescence) est une technique d'analyse qualitative et quantitative élémentaire c'est-à-dire que l'on peut savoir quelle quantité on a de tel atome ; cette technique utilise des phénomènes physique (effet photoélectrique émission spontanée ; diffraction de rayon X) [20].

II.3.1. effet photoélectrique

Le bombardement d'un martiaux par un rayonnement X issu d'une source un tube à rayon on X conduit à une forte ionisation des couche profondes K.L.M. et l'atome devient excité.

La désexcitation atomique se fait par le comblement de lacune créée au niveau de cette couche par les couches supérieures [21].

Quand un électron relativement rapide rencontre un atome ; il peut faire sortir complètement un autre électron des orbites internes ; l'électron des orbites extérieures tombent alors sur l'orbite interne vide et la différence d'énergie mis en jeu est émis sous forme de rayon x(figure II .5) ; le rayon x sont une forme d'énergie rayonnant à très courte longueur d'onde ; c'est adire à quant à énergétique très élevés ; leur domaine de longueur d'onde vade quelque dixième d'angström à plusieurs angström

Si l'orbite vide de l'atome est l'orbite k la plus interne les la longueur d'onde très courtes ; ce sont les rais k il apparait deux raies très rapprochées les rais k(alpha) et k(beta) selon l'électron qui tombe sur l'a couche k provient de la couche L ou M[22].

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

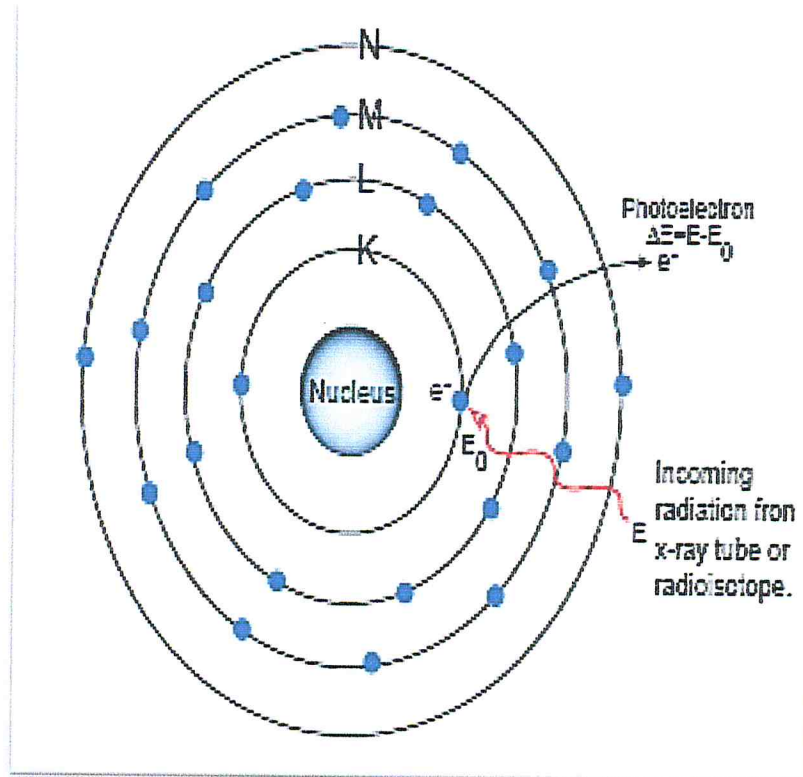


Figure II.5 : é éjecte électron dans les Shell K de l'atome par un créant X_ray d'excitation primaire

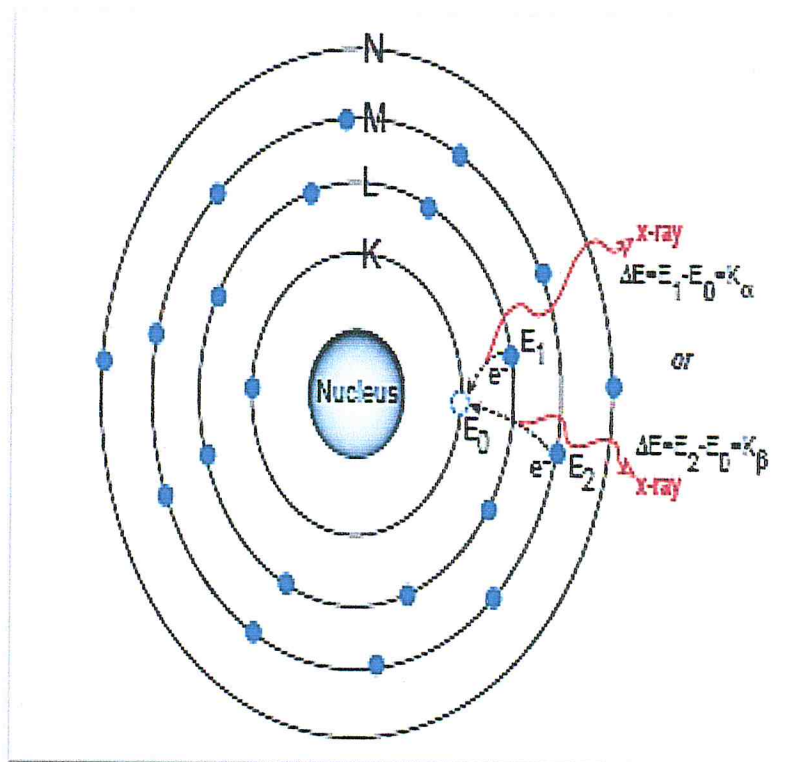


Figure II. 6 : transfert d'un électron plus externe vers la lacune s'accompagnant de l'émission d'une photo d'énergie $K\alpha$ $K\beta$.

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

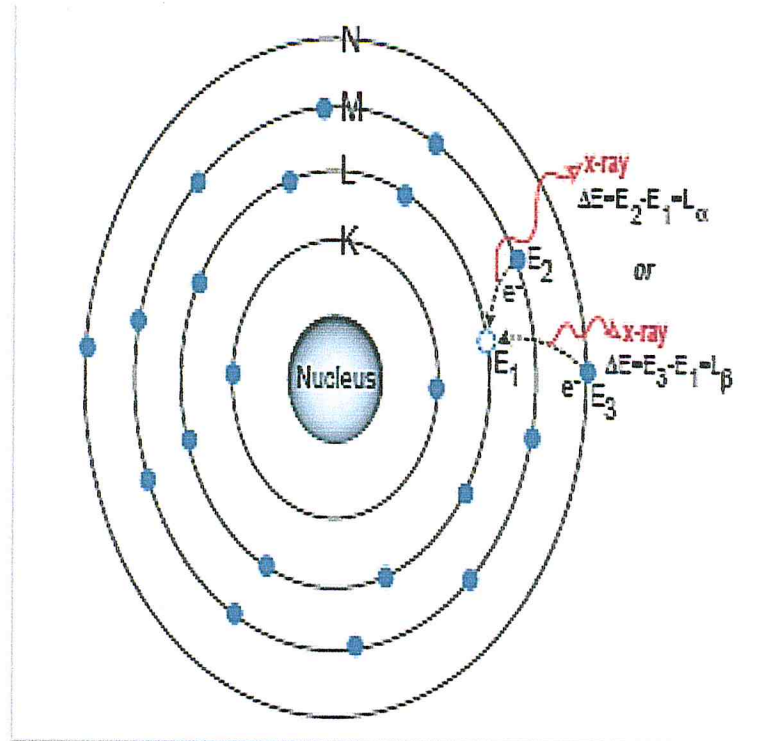


Figure II. 7 : transfert d'un électron plus externe vers la lacune s'accompagnant de l'émission d'une photo d'énergie L_α L_β .

La Fluorescence X est basée sur l'excitation par des rayons X primaires et détection de la fluorescence en longueur d'onde (WDXRF) ou en énergie (EDXRF).

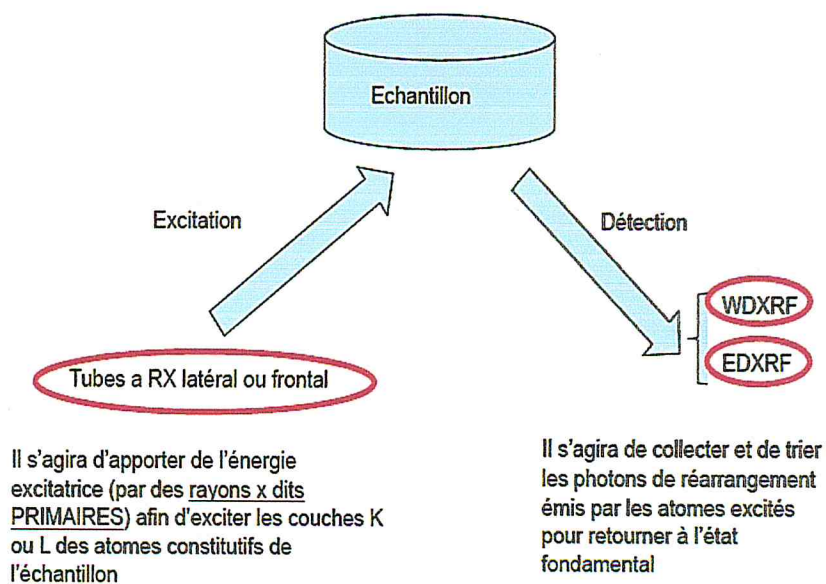


Figure II.8 : Un spectromètre sera constitué de 2 parties

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

II.3.2. Spectromètres dispersifs en énergie (EDS /EDX)

Spectromètres à dispersion d'énergie (Energy Dispersive X – Ray Fluorescence EDXRF) les photons émis par l'échantillon sont « triés » en énergie par un détecteur semi- conducteur refroidi suivi d'un amplificateur et d'un analyseur multi canaux (figure II.9). Les appareils EDX sont de tailles relativement petites et permettent des mesures rapides [23].

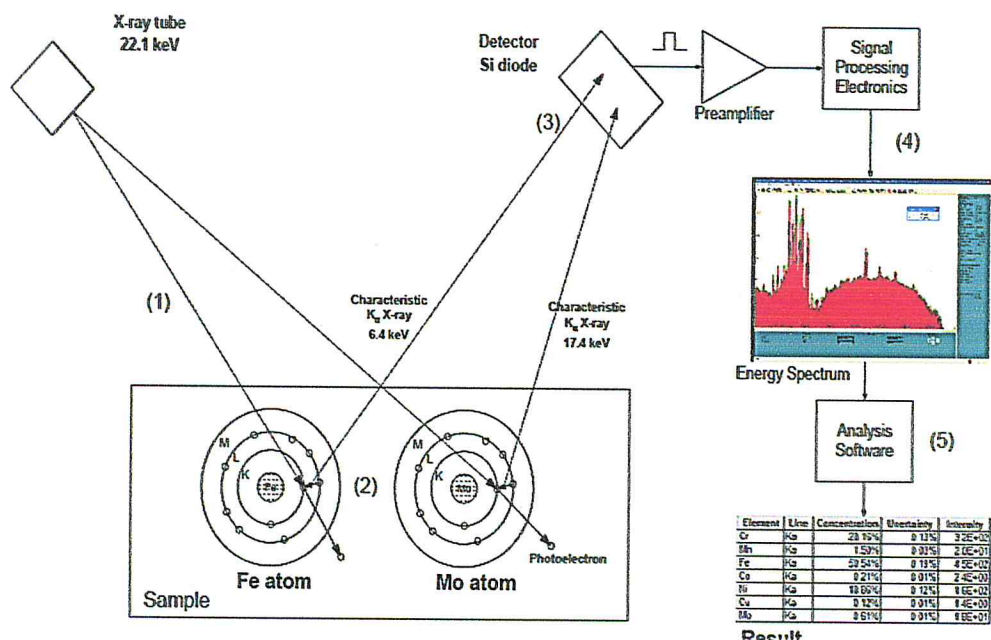


Figure II.9: diapositive EDXRF

Emission du photon de rayon X d'un tube avec l'anode Ag. Les atomes dans l'échantillon sont excités à l'énergie caractéristique de l'élément dans l'échantillon (figure II.10).

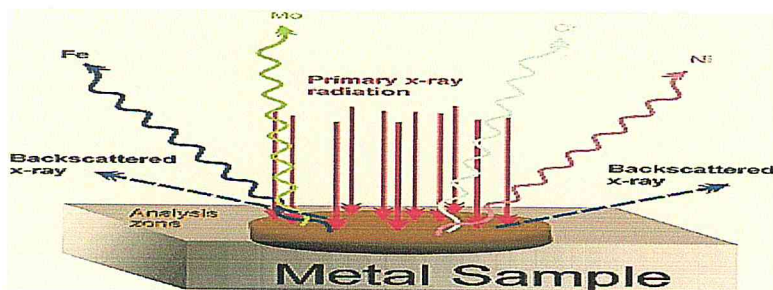


Figure II.10: rayon X peut être corrélé avec un élément spécifique.

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

Les intensités sont liées à la concentration de chaque élément dans l'échantillon et aux probabilités d'excitation [24]

Les photons sont captés dans un milieu détecteur (Figure II.11). Le détecteur est un semi-conducteur refroidi à l'azote liquide ou par effet pelletier

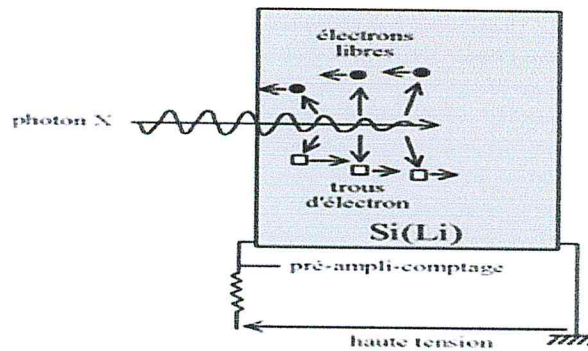


Figure II.11 : détecteur silicium

Le photon incident induit un nombre de porteurs de charge proportionnel à son énergie dans le semi-conducteur. Ces porteurs sont ensuite convertis en signal électrique par une électronique appropriée [25]

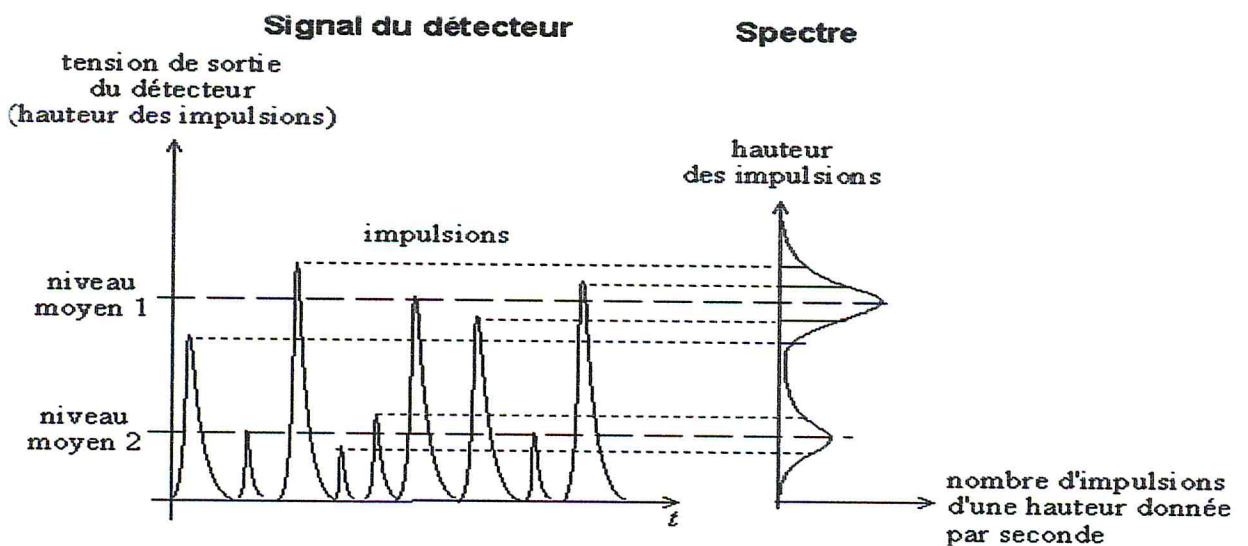


Figure II.12 : sélection des photons X par la hauteur des impulsions qu'ils produisent

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

Les crêtes dans le spectre correspondent à l'élément dans l'échantillon ; le nombre de rayon X dans chaque crête est proportionnel au nombre d'atomes.

Le Logiciel d'analyse détecte quelle crêtes présentes, trouve l'intensité de chaque crête, et calcul la concentration de chaque élément dans l'échantillon [26]

II. 3.3. Dispersion en longueur d'onde WDXRF

Le spectromètre à dispersion de longueur d'onde (Wavelength Dispersive X-Ray Fluorescence ; WDXRF ; Fig. II.13), repose sur le principe de l'émission des rayons X après l'excitation de l'échantillon qui sont diffractés sur un monocristal caractérisé par une distance réticulaire donnée [27]. On utilise des tubes de rhodium; un filtre primaire pour réduire l'interférence ; des collimateurs pour définir un faisceau parallèle, un cristal analyseur pour séparer les photons d'énergies différentes par application de la loi de Bragg et un détecteur (compteur proportionnel à gaz ou ensemble cristal scintillateur). Ces appareils ont une résolution bien meilleure. Ils permettent de séparer des pics d'émission plus proches que les spectromètres à dispersion d'énergie avec traitement informatique (logiciel : SUPER Q MANAGER).

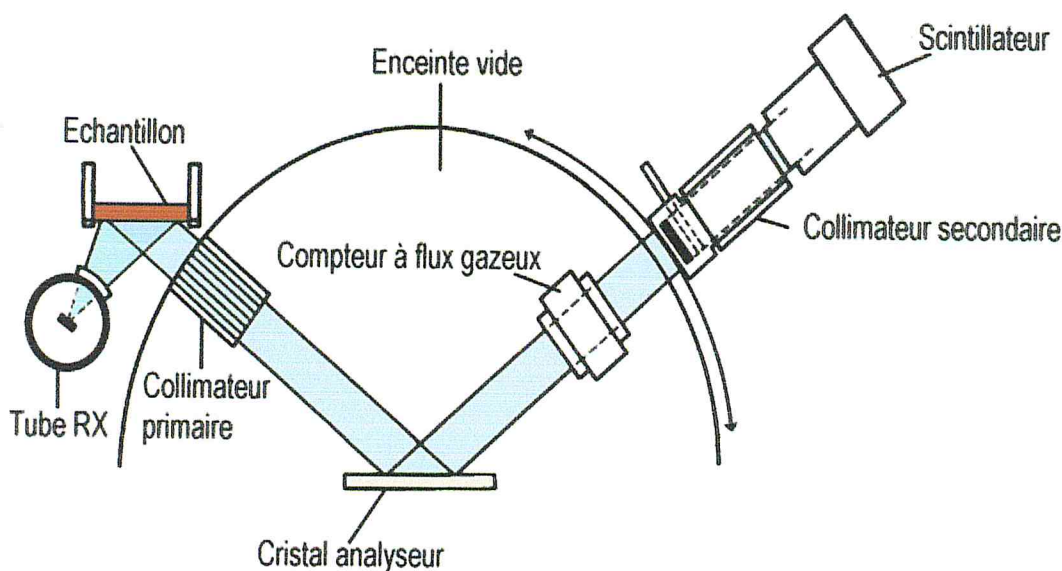


Figure II .13: du principe d'un spectromètre de fluorescence X (WD-XRF)

Le spectromètre WD-XRF est équipé de trois détecteurs couvrant toute la gamme d'énergie des rayons X produits par excitation [28].

II.3.4. Choix du compteur

Un compteur à flux gazeux sera mieux adapté pour la faible énergie e faible numéro atomique). Un compteur à scintillation sera mieux adapté pour les fortes énergies et grand numéro atomique). (figure. II.14)

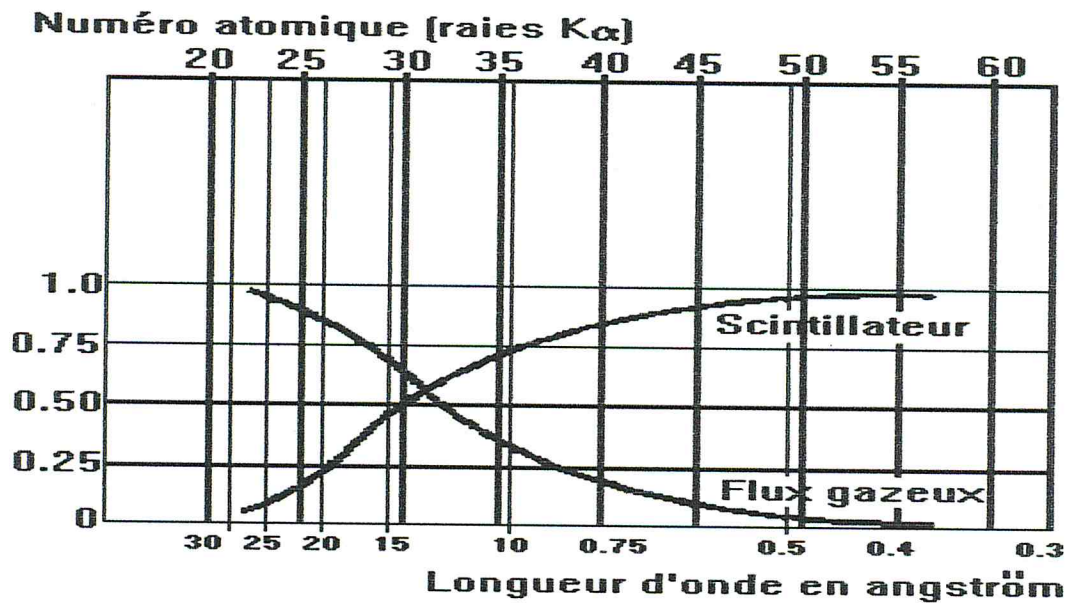


Figure II. 14 : différence deux compteurs

II.4. Analyse qualitative

Généralement l'analyse qualitative n'a pas de grande difficulté ; car simple et est basée sur la mesure précise de l'énergie ; ou la longueur d'onde des raies de fluorescences observées [29]. La mesure de l'énergie du rayonnement de fluorescence émis permet d'identifier différents éléments constituant l'échantillon irradié sur la base de la loi de Moseley [30].

Selon la loi de Moseley, l'énergie du rayonnement X émis et le carré du numéro atomique et est donné par l'équation (1) :

$$h\nu = Rhc (z - \sigma)^2 \left[\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right] \quad (\text{II.2})$$

σ : constante d'écran

c : vitesse de la lumière

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

R : constante de Rydberg

Z : numéro atomique

n , p : nombres quantiques correspondants aux niveaux d'énergie initial et final. [31]

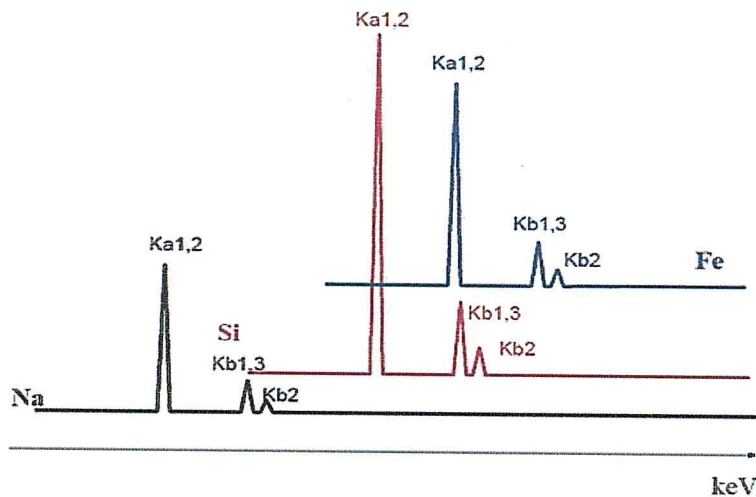


Figure II. 15 : Spectre analyse qualitative

On retrouve bien Z croissant énergie croissant (de la loi Moseley)

L'idée de l'analyse qualitative est d'identifier à quelle raie correspond chaque pic et ensuite de savoir si tel ou tel élément est présent en appliquant les règles connues précédemment :

- ✓ position de toutes les raies
- ✓ identification de toutes les raies d'un élément. [32]

II.5.Analyse quantitative

Les concentrations des éléments détectés sont déterminées à partir des aires des pics correspondants. Les surfaces des pics sont calculées par ajustement non linéaire en utilisant l'algorithme de marquât qui se trouve dans le logiciel AXIL (Analysais of X-ray spectral by Itérative Least-squares fitting). Le choix de la méthode de quantification dépend de l'épaisseur et de la nature de la cible.

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

La variation de l'intensité de l'élément « i » à analyser en fonction de l'épaisseur de l'échantillon permet de distinguer 3 cas (voir figure 16).

* Dans le cas des échantillons d'épaisseurs minces (région I), les effets de matrice sont négligeables et on obtient :

$$I_i = K \cdot C_i \quad (II.3)$$

Où : I_i : intensité mesurée de la raie « i » ;
K : facteur de calibration ;
 C_i : concentration de l'élément « i ».

* Dans le cas des échantillons d'épaisseur intermédiaire (région II), on utilise la méthode d'émission- transmission.

* Dans le cas des échantillons infiniment épais (région III), la correction sur l'intensité est maximale (les effets d'absorption primaires et secondaires ainsi que l'exaltation seront pris en considération).

$$I_i = K \cdot C_i \cdot A_i \cdot H_i \quad (II.4)$$

Où : A_i est le facteur d'absorption tandis que H_i est le facteur d'accroissement.

En réalité cette intensité est susceptible d'être modifiée par les effets de matrices, qui interviennent de trois façons :

- Effets d'absorption primaire et secondaire.
- Effets d'accroissement du rayonnement mesuré.
- Effet de texture dû à l'inhomogénéité du matériau.

Le calcul de la concentration à partir de la relation précédente nécessite la connaissance des paramètres tels que l'angle solide, l'intensité primaire, le rendement de fluorescence, l'efficacité du détecteur, section efficace photoélectrique et la probabilité de transition. Et selon l'état physique de l'échantillon, le choix d'une procédure analytique dépend de l'état physique et chimique de ce dernier[33].

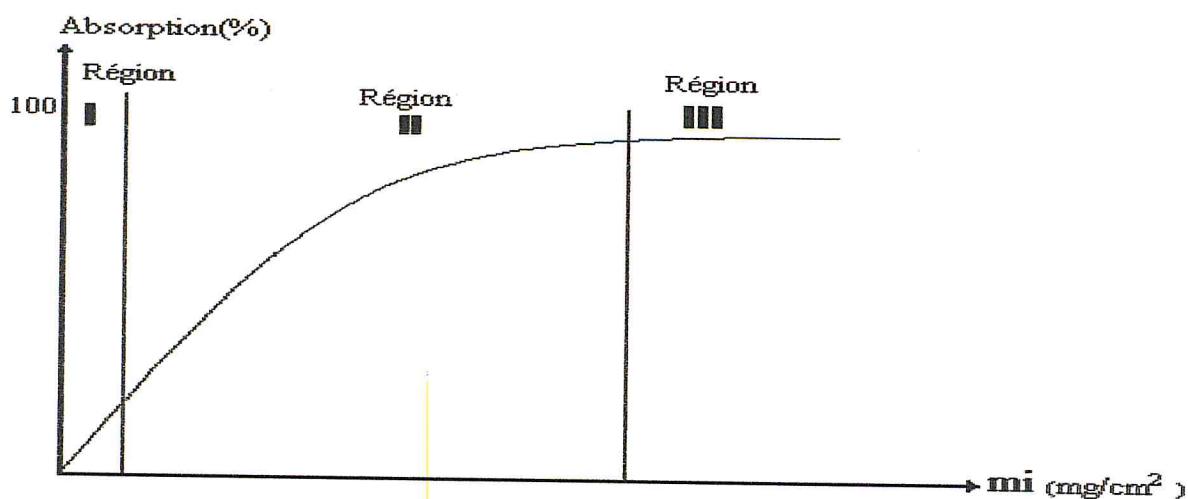


Figure II. 16 : Intensité relative à l'émission x en fonction de l'épaisseur de l'échantillon.

Parmi les méthodes de corrections utilisées, pour palier à ce problème, nous pourrions faire recours aux méthodes relatives ou semi- empiriques :

II.5.1.Méthode des standards externes

Elle consiste en l'utilisation de produits standard, la matrice est identique à celle de l'échantillon et contenant des éléments identifiés avec des concentrations connues.

Le standard et l'échantillon irradiés et analysés dans les mêmes conditions expérimentales, la comparaison des spectres expérimentaux permet de déterminer la concentration élément dans l'échantillon.

II.5.2.Méthode du standard interne

Cette méthode consiste à ajouter dans l'échantillon un élément en proportion connue de telle manière qu'il n'interfère pas avec l'élément d'intérêt, la concentration des éléments présents sont calculées à partir des aires des raies X en tenant compte des facteurs de sensibilité et d'absorption.

$$C_i = C_s \frac{I_i}{I_s} \quad (\text{II.5})$$

Chapitre II : Fluorescence de rayon X

De manière générale, la concentration d'un élément i est donnée par l'expression ci-dessous :

$$C_i = C_s \frac{I_i}{I_s} \frac{k_s}{k_i} \frac{A_s}{A_i} \quad (\text{II.6})$$

Ou

I_i : l'aire de la raie X de l'élément recherché

I_s : l'aire de raie X du standard interne

K_i : sensibilité de l'élément recherché

K_s : sensibilité du standard interne

- Méthode de l'Emission-Transmission

- Méthode des paramètres fondamentaux [34]

II.6. Limite de détection

Il y a deux types de limites qu'on doit considérer dans les analyses XRF:

- la limite due à l'instrument de mesure, qui représente le seuil de concentration d'un certain élément que l'instrument peut distinguer.
- les limites de la méthode de détection, reliées à la préparation de l'échantillon et au temps d'analyse en fonction de l'élément à analyser et de la matrice de l'échantillon, les limites de détection typique varient entre 10 et 100 ppm [35].

Chapitre III :

Matériels et Méthodes

III.1. Description de la région d'étude « forêt de Bainem »

La zone d'étude de la forêt de Bainem (*Figure III.1*) est localisée sur la chaîne montagneuse de moyenne altitude au nord-ouest de la wilaya d'Alger, au niveau du massif de Bouzareah, qui domine le littoral algérois ouest.

Ses coordonnées géographiques sont : 3°, 02' Est et 36°, 49' Nord. L'altitude moyenne varie entre 60m et 285m, la topographie est assez accidentée notamment sur le versant nord qui domine la bande littorale ; la partie centrale présente un relief moins accidenté (INRF, 2015).

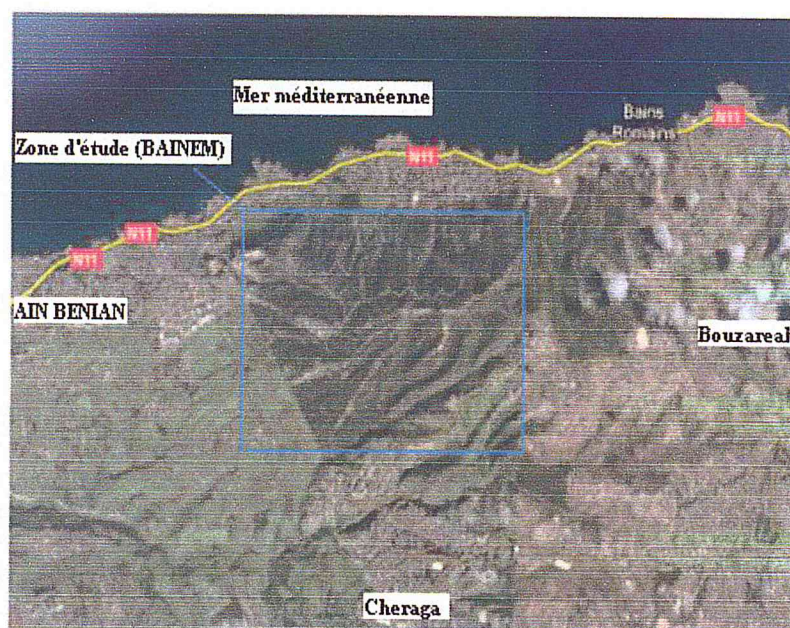


Figure III.1: localisation de la forêt de Bainem



Figure III. 2: localisation de la zone d'étude

Chapitre III : Matériels et méthodes

La forêt de Bainem repose sur des terrains sédimentaires et métamorphiques. Les roches métamorphiques sont dominantes et sont représentées par des schistes, des micaschistes, gneiss, des calcaires et des quartzites.

Plusieurs oueds prennent naissance dans le massif de Bainem, mais la plupart sont intermittents et ne coulent pas toute l'année à cause du régime des pluies. L'implantation importante des Eucalyptus (*E.camadulensis*, *E.gomphocephala*, *E.cladocalyx* et *E.leucoxydon*) sur le site est un excellent moyen de juguler et de freiner la force des eaux de ruissellement.

Les principaux oueds sont : oued de Bainem d'une longueur de 1.15 km et oued Afron d'une longueur de 1.97 km. Les autres cours d'eau sont oued Djerdah, oued Melah, oued Dratguiss et oued Beni messous d'une longueur de 2.86 km (INRF, 2015).

III.1.1. Échantillonnage

L'objet de l'échantillonnage est la définition de conditions de travail qui permettent d'obtenir des échantillons représentatifs.

Dans le temps, il faudra choisir le moment idéal pour échantillonner et la durée de la campagne de mesure.

Enfin, on passe à la dernière phase d'échantillonnage : la conservation, puis le transport des échantillons jusqu'au laboratoire, et la synchronisation des opérations d'échantillonnage et d'analyse en suivant la méthodologie qu'on peut trouver dans la bibliographie (Nicolas et al. 1997).

III.1.2. Matériel utilisé

L'exécution du plan d'échantillonnage s'est fait à l'aide de différents instruments : décamètre, corde, quadrant métallique, marteau, piochon, raclette, sachets libellés. La figure ci-dessous montre le matériel utilisé sur le terrain.

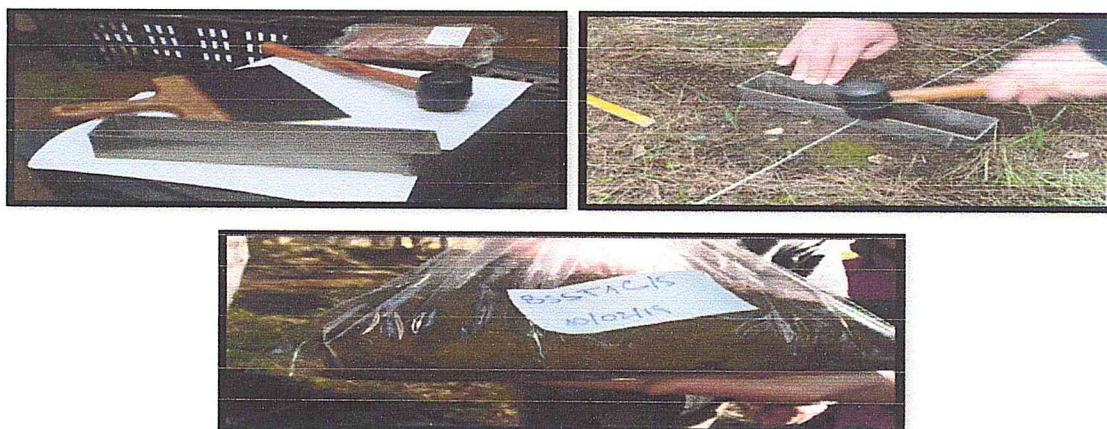


Figure III.3: Instruments d'échantillonnage (Kireche, 2015).

III.1.3. Échantillonnage sur le site d'étude

Deux considérations doivent toujours être présentes à l'esprit :

L'échantillonnage sur le terrain est une phase essentielle, car la variabilité du terrain est considérable, l'erreur d'échantillonnage peut hypothéquer la représentativité de l'échantillon prélevé.

L'échantillonnage du sol a été effectué au niveau de la forêt de Bainem (Bainem Série Sud) durant le mois de mars, le sol est humide ce qui facilite les prélèvements. Ce site a été choisi dans le but d'évaluer les degrés d'érosion dans un site forestier non cultivé.

A travers notre étude, nous allons essayer d'évaluer le fond géochimique par la technique nucléaire de Fluorescence X (XRF) dans le cadre du suivi du processus de l'érosion hydrique qui vise à évaluer la quantité de perte annuelle de sol. La technique d'échantillonnage choisie est le transect (trajectoire).

Le terrain étant légèrement pentu 8%, l'échantillonnage suit une ligne orientée dans le sens du gradient, la longueur de la ligne est de 120m ; le profil de la figure 27 illustre l'aspect topographique du site d'échantillonnage.

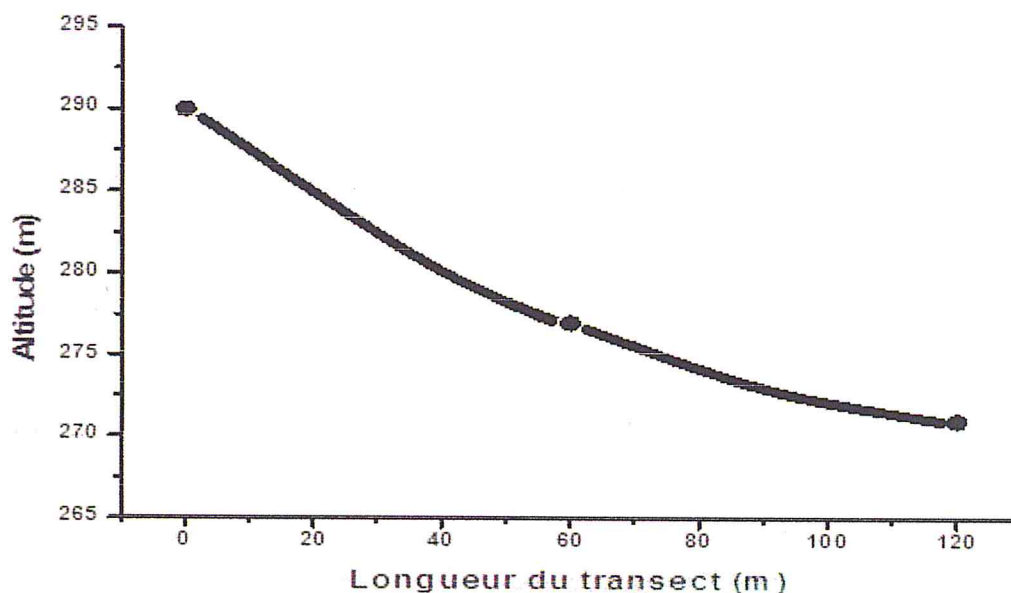


Figure III.4 : Profil topographique

16 échantillons au total ont été prélevés : 3 carottes selon les profondeurs 0-5cm, 5-10cm, 10-15cm, 15-20cm, et 3 échantillons prélevés à une profondeur moyenne de 10cm pour les mesures de la densité apparente. Le tableau III-1 suivant présente les principales caractéristiques des points de prélèvements.

Tableau III-1 : Caractéristiques des points de prélèvement.

Point de prélèvement	Distances partielles	Distances cumulées	altitude	latitudes	longitudes	Type de sol
BSST3C1	0m	0m	290m	36°48 2.4	0.02°58 13	Siliceux
BSST3C2	60m	60m	277m	36°47 59.8	0.02°58 13	Siliceux
BSST3C3	60m	120m	271m	36°47 59.0	0.02°58 11.8	Siliceux

Après exécution du plan d'échantillonnage sur le terrain, les échantillons prélevés sont transportés sous conditions appropriées au laboratoire d'analyses du C.R.N.A.

III.2. Préparation des échantillons

La préparation des échantillons passe par les étapes suivantes :

- Homogénéisation de chaque échantillon;
- Pesage de l'échantillon avant séchage;
- Broyage avec Mortier afin de détruire les agrégats ;
- Prélèvement de masse d'environ 3g pour analyse par la technique ED-XRF.

La figure *III.5* représente le four utilisé pour le séchage des échantillons.



Figure III.5 : Séchage des échantillons avant analyse (Khireche, 2015).

III.3. Analyse des échantillons

Dans la Figure III.6 nous présentons le conditionnement des échantillons de sol dans des portes échantillons pour analyse par ED-XRF.

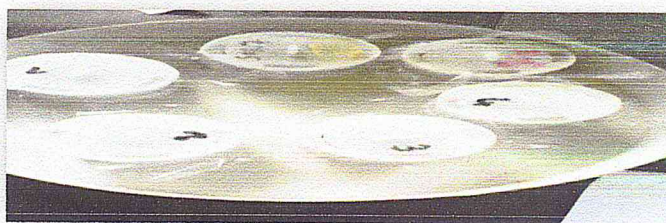


Figure III.6 : Echantillon(1 à 4)

Chapitre III : Matériels et méthodes

Pour l'analyse quantitative nous avons utilisé le standard SO₂ canadien qui contient les éléments suivants : Si, Al, Fe, K, Ca, Na, Ti, Mg, P, Mn, Ba, Sr, Zn, Rb, V, Pb, Cr, Ni, Co, Hg pour le dosage des éléments dans la matrice du sol par ED-XRF.

Dans la figure III.9 nous présentons :

- ✓ X-123 accomplissent le spectromètre avec SDD,
- ✓ Détecteur rapide de SDD™, ou de Si-PIN
- ✓ Tube Commandé De Rayon X D'Usb De Mini-X
- ✓ Logiciel Quantitatif D'Analyse De Xrf-fp
- ✓ Magicien de kit de XRF pour l'installation rapide de logiciel

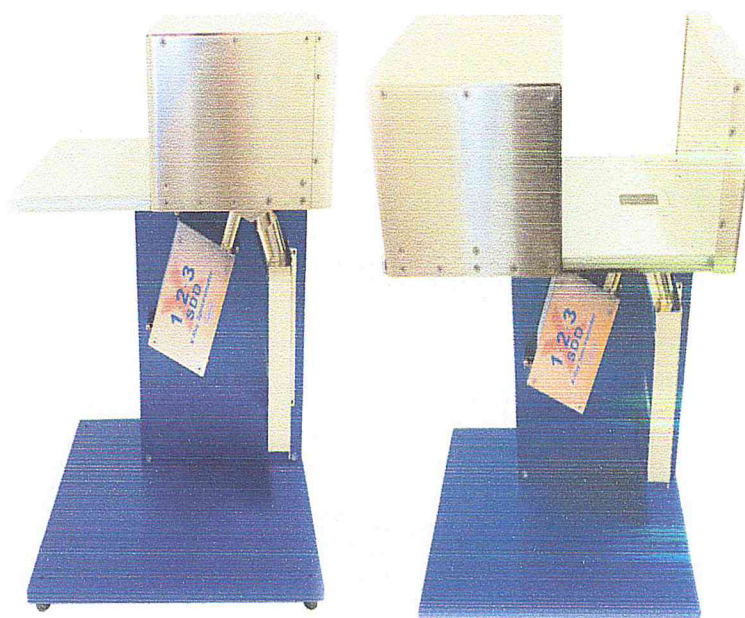


Figure III .7 :Kit XRF d' amptek .

Lla figure III.10 nous présentons échantillon de sol analyse par ED –XRF .

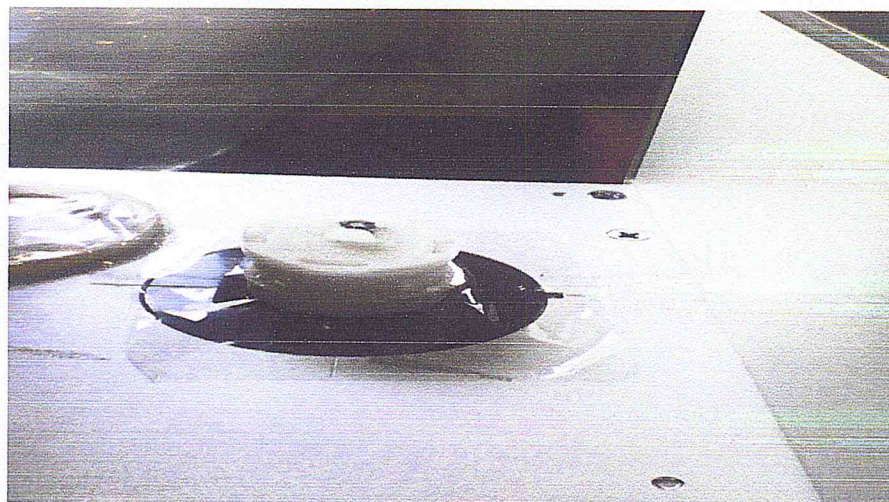


Figure III .8 : Echantillon utilisé pour analyse par (ED XRF)

Il exist aussi un autre modèle pour l'analyse par la technique EDXRF. Il s'agit du modèle Epsilon3-xl panalytical:



Figure III .9 :(EDXRF) Epsilon3-xl panalytical

Chapitre IV : Résultats et discussion

Chapitre IV : Résultats et discussion

Ce chapitre décrit les résultats trouvés par la technique ED-XRF utilisée pour l'analyse qualitative et quantitative des échantillons de sol prélevés dans le site d'étude de Bainem.

IV.1. Analyse qualitative

La figure IV.1 illustre un exemple de spectre de fluorescence X obtenu par la technique ED-XRF de l'échantillon du sol BSST3C1/5. Le spectre montre la variation de l'intensité des éléments en fonction de l'énergie. Les conditions opératoires utilisées (tirr varie entre 60s à 70s.) Selon l'échantillon analysé.

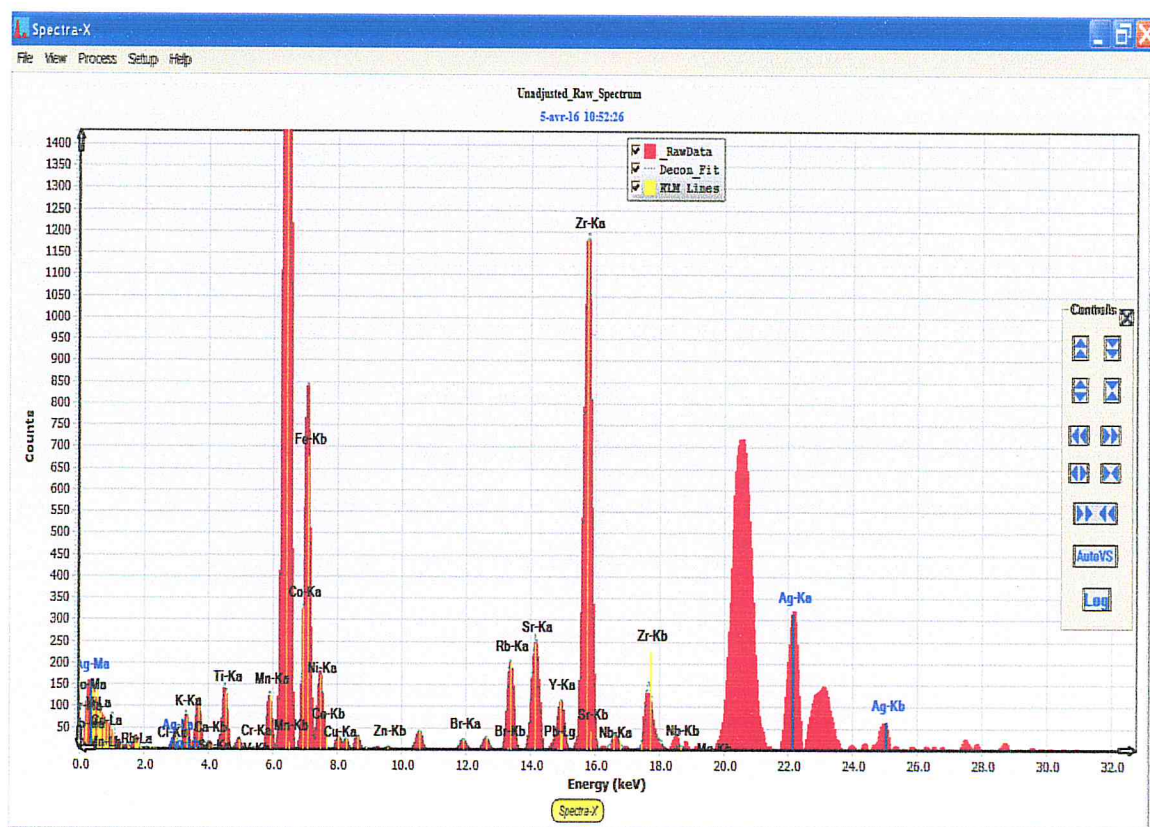


Figure IV.1 :spectre analyse chantillon

IV.2. Analyse quantitative

Les concentrations des éléments détectés dans les échantillons du sol ont été déterminé par les équations suivantes:

$$\frac{Cis}{cist} = \frac{mis}{mist} \quad (IV.1)$$

$$Mis = mist * \frac{Cis}{Cist} \quad (IV.2)$$

Avec :

cis : intensite de l'élément i dans l'échantillon

cist : intensite de l'élément i dans le standard

mis : concentration de l'élément i dans l'échantillon

mist : concentration de l'élément i dans le standard

L'erreur statistique est donnée par la formule suivante:

IV.3. Distribution des éléments selon la profondeur

Les résultats de l'analyse quantitative donnée par la spectrométrie EDXRF le long du bassin versant et à différentes profondeurs sont classés dans les tableaux suivants :

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau IV.1: Concentration des éléments dans différentes profondeurs au point 01.

Profondeur	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm
Element	Concentration (ug/gr)			
Si	19.64±2.74	19.63±2.74	19.8±2.77	21.82±3.05
Al	3.82±0.53	3.76±0.52	3.86±0.54	4.87±0.68
Fe	3.61±0.5	3.93±0.55	3.91±0.54	4.14±0.57
K	2.16±0.3	2.42±0.33	2.31±0.32	2.26±0.31
Ca	1.2±0.16	0.83±0.1	0.72±0.1	0.73±0.1
Ti	0.73±0.1	0.83±0.11	0.84±0.11	0.79±0.11
Mg	0.76±0.22	0.62±0.19	0.67±0.2	0.91±0.26
P	0.13±0.01	0.11±0.01	0.11±0.01	0.12±0.01
Mn	0.14±0.01	0.08±0.01	0.11±0.01	0.10±0.01
Ba	500.6±85.1	411.4±94.62	436.6±96.05	655.61±137.6
Sr	92.36±13.85	95.2±13.32	94.78±13.26	89.24±12.49
Zn	52.24±15.14	45±8.55	45.45±8.63	38.78±7.75
Rb	90.93±13.63	102.65±15.39	103.93±15.58	103.15±15.47
V	124.22±29.81	155.61±35.79	156.73±36.04	130.66±31.35
Pb	38.95±7	29.68±5.63	29.61±5.62	28.27±5.37
Cr	169.23±71	159±66.78	163.06±70	186.83±78.46
Ni	103.44±101.37	144.23±139.9	137.32±133.2	118.61±115
Co	6.03±0.9	6.96±1.04	6.78±1.01	6.93±1.03

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau IV.2 : Concentration des éléments dans différent profondeurs au point 02.

Profondeure	5 cm	10cm	15cm	20cm
Element	Concentration (ug/gr)			
Si	20.41±2.85	19.34±2.7	18.27±2.55	17.01±2.83
Al	3.55±0.49	3.64±0.5	4.71±0.65	3.84±0.53
Fe	3.55±0.49	3.68±0.51	4.63±0.64	3.90±0.54
K	2.26±0.31	2.32±0.32	2.27±0.31	2.28±0.06
Ca	1.41±0.19	1.17±0.28	0.56±0.07	0.56±0.07
Ti	0.79±0.11	0.77±0.1	0.70±0.09	0.70±0.09
Mg	0.80±0.23	0.69±0.2	0.63±0.18	0.51±0.05
P	0.13±0.01	0.11±0.01	0.11±0.01	0.10±0.01
Mn	0.14±0.01	0.15±0.02	0.10±0.01	0.10±0.01
Ba	476.5±104.83	453.2±99.7	553.08±116.1	455.85±100.28
Sr	93.33±15.86	85.49±11.96	78.20±10.94	71.03±12
Zn	58.10±11	51.63±9.8	49.45±9.39	42.08±7.99
Rb	90.49±13.57	92.87±13.93	118.82±17.82	100.21±15.03
V	130.3±31.27	125.84±30.2	158.59±38.06	136.19±31.32
Pb	44.64±8.48	36.94±7.01	40.93±7.36	27.01±4.59
Cr	192.75±80.95	159.61±68.63	177±74.34	171.60±72.07
Ni	121.96±118.3	148.35±143.8	203.78±195	146.13±141
Co	6.30±0.94	6.56±0.98	8.06±1.2	7.13±1.06

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau IV.3 : Concentration des éléments dans les points 03

Profondeure	5cm	10cm	15 cm	20cm
Element	Concentration (ug/gr)			
Si	12.66±1.77	13.57±1.89	11.70±1.63	14.61±2
Al	3.71±0.51	4.35±0.6	3.85±0.53	4.75±0.66
Fe	4.73±0.66	4.95±0.69	4.80±0.67	4.94±0.69
K	2.21±0.3	2.36±0.33	2.33±0.32	2.48±0.34
Ca	2.53±0.35	2.15±0.3	1.46±0.2	1.01±0.14
Ti	0.51±0.07	0.56±0.07	0.52±0.07	0.55±0.07
Mg	0.55±0.17	0.62±0.18	0.55±0.17	0.66±0.19
P	0.10±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01
Mn	0.16±0.02	0.17±0.02	0.13±0.01	0.10±0.01
Ba	381.7±87.7	481.2±105.8	484.8±106.6	512.29±107.5
Sr	110.85±15.5	108.62±15.2	85.24±11.93	79.99±11.19
Zn	88.37±15	87±15	71.35±12.8	65.20±11.73
Rb	127.68±19.15	136±20	137.49±20.6	151.09±22.6
V	127.51±30.6	139.10±19.47	133.11±31.9	147.06±33.8
Pb	52.05±9.36	55.75±10.03	44.98±8	57.35±10.32
Cr	146.48±61.52	167.8±70.4	179±75.18	191.91±80.6
Ni	256.4±246	268.6±257.8	254.76±244.5	238.67±299
Co	8.01±1.12	8.501±1.27	8.18±1.22	8.13±1.13

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.4. Distribution des éléments au point de surface

Pour mieux étudier l'état de dégradation du sol de notre site d'étude, nous avons déterminé la distribution des éléments au point de surface. Les résultats sont donnés dans les tableaux suivant :

Tableau IV.4: Concentration des éléments de la surface

Profondeure	5 cm	10cm	15cm	20cm
Element	Concentration (ug/gr)			
Si	25.08±3.51	27.22±3.81	20.82±2.91	23.03±3.22
Al	4.73±0.66	5.22±0.73	6.78±0.94	6.16±0.86
Fe	3.82±0.53	3.53±0.49	5.22±0.73	4.34±0.6
K	2.1±0.29	2.53±0.53	2.21±0.3	2.56±0.35
Ca	2.48±0.34	1.41±0.19	0.90±0.12	1.15±0.16
Ti	0.67±0.09	0.83±0.11	0.53±0.07	0.71±0.09
Mg	0.73±0.21	0.68±0.19	0.74±0.21	0.64±0.18
P	0.11±0.01	0.10±0.01	0.09±0.01	0.10±0.01
Mn	0.24±0.03	0.15±0.02	0.12±0.01	0.11±0.01
Ba	127.3±30.5	102.03±23.4	84.92±19.5	96.47±22.1
Sr	86.31±12	56.99±7.9	73.24±10.2	61.95±8.6
Zn	94.2±16.9	97.23±18.4	128.46±24.4	117.65±21.1
Rb	121.72±18.2	126.79±19.01	139.97±20.9	145.82±21.8
V	164.29±39.4	154.94±37.18	194.36±46.64	169.51±40.6
Pb	189.1±34.03	147.17±26.49	291.07±52.39	228.31±41.09
Cr	6.91±2.9	6.64±2.8	8.99±3.8	7.74±3.25
Ni	345.23±331	403.60±391	481.64±462	410.34±393
Co	45.24±6.7	42.89±6.43	52.87±7.93	43.27±6.49

IV.5. Limite de détection

La limite de détection est une étape incontournable pour l'analyse des éléments dans une matrice. Les résultats de cette limite de détection pour les échantillons du sol sont mentionnés dans ce qui suit. Il faut noter qu'on a refait le calcul des limites de détections en fonction de la profondeur pour les trois carottes. Ceci dans le but de vérifier que la limite de détection ne dépend pas de l'échantillon mais du système de détection utilisé en respectant les conditions expérimentales.

La limite de détections est définie par l'expression suivante :

$$DL = 2.71 + 4.65 \sqrt{B}$$

Où :

DL : limite de détection

B : Comptage du bruit de fond sous la région du pic photoélectrique de l'élément d'intérêt.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Tableau IV.5: Limites de détection

Element	LLD (ppm)
Mg	0.01
Al	0.02
Si	0.01
P	0.009
K	0.007
Ca	0.004
Ti	0.002
V	0.0002
Cr	0.0003
Mn	0.002
Fe	0.001
Co	0.0001
Ni	0.0002
Zn	0.0008
Rb	0.0003
Sr	0.0003
bp	0.0007

On peut noter que pratiquement les limites de détections (LLD trouvées pour les éléments dosés sont sensiblement les mêmes. Ceci corroborent notre approche que le LLD dépend du système de détection.

IV.6. Discussion et interprétation des résultats

Dans la figure IV.2 nous observons la distribution des éléments Si, Al, Fe, K et Ca les trois carottes en fonction des profondeurs 5, 10, 15 et 20cm. On observe qu'on obtient des valeurs assez conséquentes pour le Si et ceci pour les trois carottes. Pour l'Al le Fe et le Ca les valeurs des concentrations sont au-dessous de 5 $\mu\text{g}/\text{gr}$ pour les trois carottes.

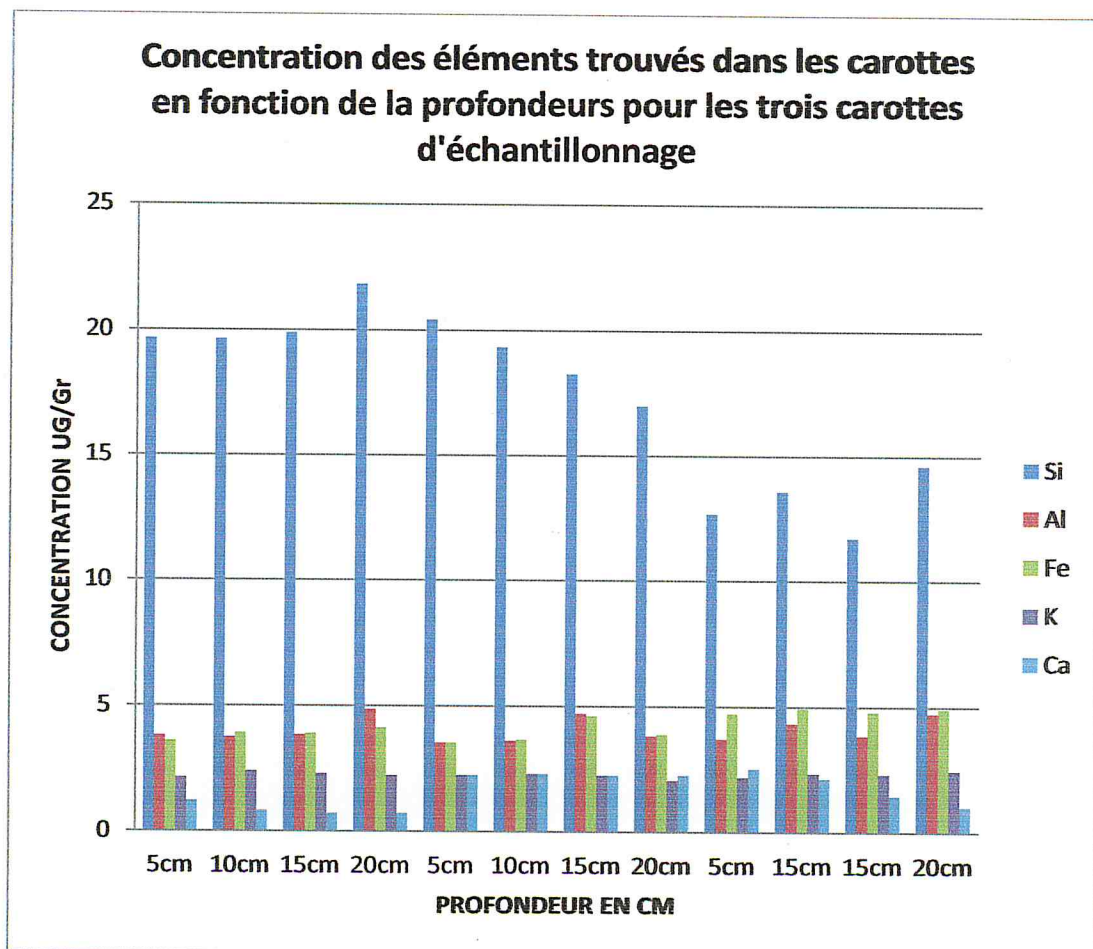


Figure IV.2 : Concentration des éléments Si, Al, Fe, K, Ca dans différents profils en fonction de la profondeur.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Dans la figure IV.3 on remarque la distribution des éléments Ba, Sr, Zn, Rb, V pour les quatre point de profondeurs (5, 10, 15, 20) cm. Les concentrations sont nettement élevées par rapport à celles de la figure V-1. Elles dépassent toutes les 10 $\mu\text{gr}/\text{gr}$ et atteignent les 600 $\mu\text{gr}/\text{gr}$. On observe que seules les valeurs des concentrations pour les éléments Sr et Zn sont au- dessous de 100 $\mu\text{gr}/\text{gr}$.

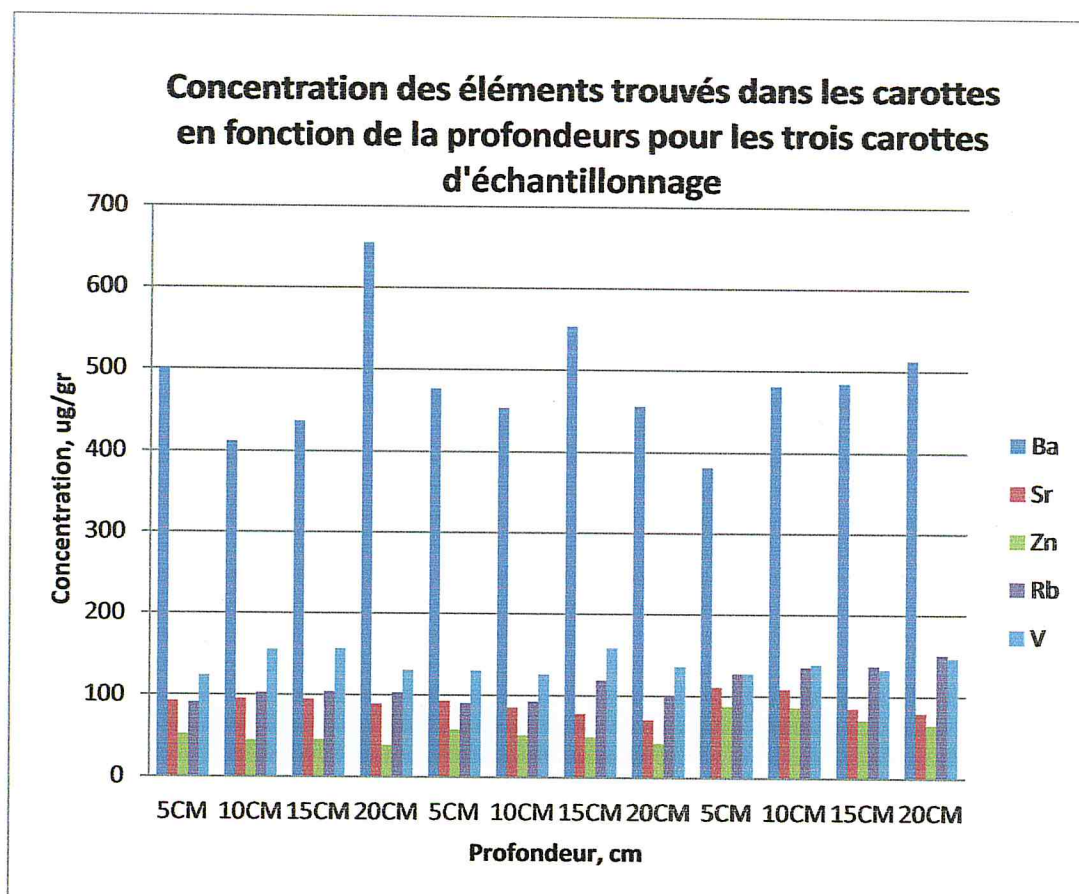


Figure IV.3 : Concentration des éléments Ba, Sr, Zn, Rb, V dans différents profils en fonction de la profondeur.

Chapitre IV : Résultats et discussion

Dans la figure IV.4 on remarque la distribution des éléments Pb, Cr, Ni et Co pour les trois carottes des profondeurs (5, 10, 15, 20 cm). Hormis la concentration du Co qui est de quelques $\mu\text{gr}/\text{gr}$, les autres niveaux des concentrations des éléments Pb, Cr et Ni sont très élevés. Notamment pour le Cr et le Ni ou les niveaux sont supérieurs à 100 $\mu\text{gr}/\text{gr}$.

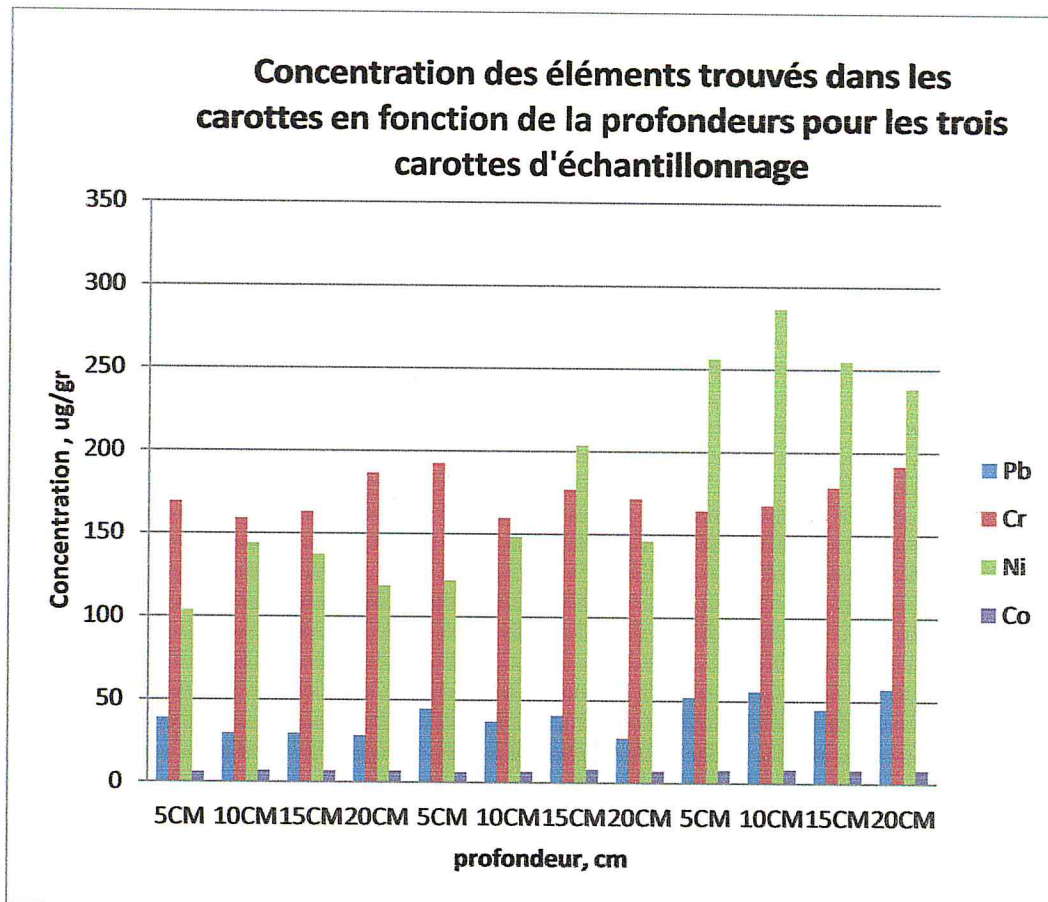


Figure IV.4: Concentration des éléments Pb, Cr, Ni, Co dans différents profils en fonction de la profondeur

Chapitre IV : Résultats et discussion

Dans la figure IV.5, on observe la distribution des concentrations des éléments Ti, Mg, P et Mn. Tout d'abord, les niveaux des concentrations sont tous inférieurs à 1 $\mu\text{gr}/\text{gr}$. L'autre observation visible sur la figure V-4, la différence sensible entre les concentrations du Ti et du Mg pour les trois carottes et pour toutes les profondeurs en comparaison aux éléments P et Mn ou les concentrations trouvées sont toutes au dessous de 0.2 $\mu\text{gr}/\text{gr}$.

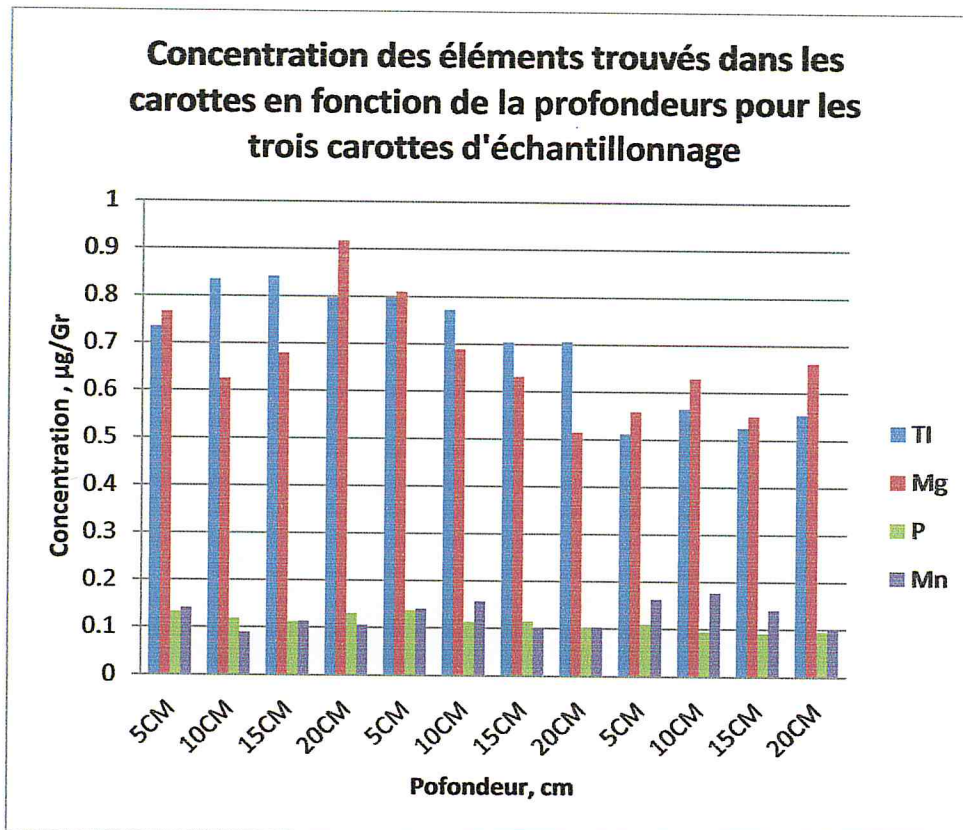


Figure IV.5 : Concentration des éléments Ti, Mg, P, Mn dans différents profils en fonction de la profondeur

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.7. Etude comparative

Pour situer l'état du sol de notre site d'étude (**forêt de Bainem**), nous avons comparé les concentrations des éléments détectés dans les trois carottes avec un sol normal et d'autres sols (**Témoin, Affecté**). Les résultats mentionnés dans le **Tableau 11.IV** montrent que les concentrations des éléments Co, Pb et Zn sont de même ordre de grandeurs que ceux de sol normal par contre le sol de la zone d'étude est plus au moins affecté par les métaux Cr et Ni.

Tableau IV.6: Concentrations totales (mg/kg) de métaux lourds dans les sols étudiés (0 40 cm) comparées aux valeurs dans un sol normal. a, valeurs moyennes (Bowen 1979) ; b, concentrations moyennes

Elément	Concentration mg/Kg Sol normal*a	Concentration mg/Kg T.témoin* b	Concentration mg/Kg T.affectes *	Concentration mg/Kg Point 1	Concentration mg/Kg Point 2	Concentration mg/Kg Point 3
As	6	3.31	3.56	nd	nd	nd
Co	80	19.09	18.24	6	7-8	8
Cr	70	4.81	5.25	169	192	146
Cu	30	14.32	10.92	nd	nd	nd
Ni	50	7.39	29.66	103	121	256
Zn	90	15.82	20.12	90	15.82	20.12
Pb	35	7.39	29.66	38	44	52

* : Concentrations de quelques éléments chimiques d'un sol au Maroc (Settat) :
(Evaluation de la pollution métallique dans les sols agricoles irrigués par les eaux usées de la ville de Settat (Maroc))

Conclusion Générale

Conclusion Général

L'objectif de ce travail est d'appliquer une méthodologie d'analyse et d'évaluation pour l'étude de la distribution des éléments traces dans le fond géochimique d'un sol choisi. Le site est celui de Bainèm dans la Wilaya d'Alger. Il s'agit d'échantillonner selon trois transects avec des profondeurs allant de 5 cm à 20 cm par pas de 5 cm. La technique utilisée pour la quantification du fond géochimique est la technique de la fluorescence X par dispersion d'énergie (EDXRF) qui est basée sur la détection des rayons X émis par l'élément composant l'échantillon après excitation.

Cette expérience nous a permis grâce à l'utilisation de la technique EDXRF de doser un nombre important d'éléments. Les intensités trouvées nous ont permis ainsi de calculer les concentrations de chaque élément en fonction des profondeurs selon les transects.

Lors de cette analyse, 18 éléments ont été identifiés et quantifiés. On les a classés en quatre catégories selon le niveau des concentrations trouvées. Les éléments de Tl, Mg, P et Mn dont les concentrations varient entre 0.1 et 0.9 ppm ($\mu\text{gr}/\text{gr}$). Les éléments de Si, Al, Fe, K et Ca dont les concentrations varient entre 5 et 25 ppm. Les éléments de Pb, Cr, Ni et Co dont les concentrations varient entre 10 et 250 ppm. Les éléments de Ba, Sr, Zn, Rb et V dont les concentrations varient entre 50 et 650 ppm.

Selon les concentrations trouvées, il apparaît qu'il y a une corrélation entre la diminution de la taille des grains et les valeurs trouvées. La taille des grains est estimée selon la poudre des pastilles préparées. Ceci entraîne une certaine capacité d'adsorption qui est liée à la surface des grains et aux propriétés de surface des particules favorisant des réactions chimiques entre les éléments chimiques de surface et ceux en profondeur.

En perspectives, nous pouvons dire que ces résultats de l'étude du fond géochimique pourront être exploités dans la quantification de l'érosion et de la sédimentation par l'établissement d'un lien directe entre ces valeurs avec les phénomènes en question.

Référence

[1] : thèse Développement d'une méthodologie d'analyse par spectrométrie gamma et par activation neutronique pour l'étude de la distribution des radio-traceurs et des terres rares dans le sol 17 /09/2015

Référence : chapitre I

[2] : livre étude des sols Michel-chaude gri rad ; Christian schrastzr Bernard jaziol-DUNOD ; PARIS ; 20011.

[3] : Le sol, un milieu complexe au pouvoir épurateur limité J.-P. Camuzard Ingénieur du GREF ENGREF Paris

[4] : livre étude des sols Michel-chaude gri rad ; Christian schrastzr Bernard jaziol-DUNOD ; PARIS ; 20011.

[5] : PDF LE SOL avec le soutien de : union européenne (fonds européen de développement régional) ; INTERRECSIO fronce, Wallonie, vlaandereu, INTERREGÉ efface les frontières ; prose sols protégeons non sol.

[6] : Éléments traces dans les sols Fonds géochimiques, fonds pédogéochimiques naturels et teneurs agricoles habituelles : définitions et utilités Denis Baize Courrier de l'environnement de l'INRA n° 57, juillet 2009.

[7] : livre étude des sols Michel-chaude gri rad ; Christian schrastzr Bernard jaziol-DUNOD ; PARIS ; 20011.

[8] : PDF LE SOL avec le soutien de : union européenne (fonds européen de développement régional) ; INTERRECSIO fronce, Wallonie vlaandereu, INTERREGÉ efface les frontières ; prose sols protégeons non sol.

[9] LES SOLS ET L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE Nous remercions pour leur collaboration et/ou Relecture : Charles BIELDERS, Jean-Pierre DESTAIN, Catherine HALLET, Jean-Paul LEDANT, Béatrice LETEINTURIER et Robert OGER

[10] : EROSION des SOLS BELG enIQ UE M a i 2005 Etude effectuée par : Kathleen Gillijns¹, Gérard Govers¹, Jean Poesen¹, Erik Mathijs², Charles Bieler.

Référence

[11] : MESURE DU BRUIT DE FOND GEOCHIMIQUE NATVREL ET MISE ENEVIDENCE DE L'INFLUENCE ANTHROPIQUE EN ZONE RURALE: APPLICATION AU BASSIN DE LA SEINE. Directeur de recherche : M. Michel Meybeck *Septembre 1996.*

[12] : livre étude des sols Michel-chaude gri rad ; Christian schrastzr Bernard jaziol-DUNOD ; PARIS ; 20011.

[13] : MESURE DU BRUIT DE FOND GEOCHIMIQUE NATVREL ET MISE ENEVIDENCE DE L'INFLUENCE ANTHROPIQUE EN ZONE RURALE: APPLICATION AU BASSIN DE LA SEINE. Directeur de recherche : M. Michel Meybeck *Septembre 1996*

[14] : EROSION des SOLS BELG en IQUEM a i 2 0 0 5 Etude effectuée par : Kathleen Gillijns1, Gérard Govers1, Jean Poesen1, Erik Mathijs2, Charles Bieler.

Référence : chapitre II

[15] : PDF Axe " Génie des Procédés", centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne
METHODES SPECTROMETRIQUES D'ANALYSE ET DE CARACTERISATION

[16] : PDF Axe " Génie des Procédés", centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne

METHODES SPECTROMETRIQUES D'ANALYSE ET DE CARACTERISATION

[17] : Techniques Nucléaires PIXE et XRF COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Centre de Recherche Nucléaire d'Alger Formation Continue (Techniques nucléaires d'analyse) AZBOUCHE Chargé de Recherche

[18] : Axe " Génie des Procédés", centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne

METHODES SPECTROMETRIQUES D'ANALYSE ET DE CARACTERISATION

[19] : radio isotope XRF 13-8-1986 rapporte de stage CRNA BACHA LAHCENE

[20] : THÈSE Etude structurale des composés à base d'étain et de complexes organométalliques au cobalt et au manganèse par Meriem Ben Slimane 09/11/2004

Référence

[21] : mémoire de fin d'étude (détermination des éléments mineurs de traces dans le fonde géochimique d'un sol les techniques nucléaire 2009 /2010)

[22] : méthode physique de l'analyse chimique Duodi paris 1965 ; H.H.WILLARD ; L.L MERR TT ; G.A.DEAN.

[23] : THÈSE Etude structurale des composés à base d'étain et de complexes organométalliques au cobalt et au manganèse par Meriem Ben Slimane 09/11/2004

[24] : Amptek Application Note XRF-1: XRF S and Spectra Analysis Software ; By R.Redus, Chief Scientiste, Amptek In, ©2008

[25] : SPECTROMÉTRIE DE FLUORESCENCE ATOMIQUE ; Mesure Physique Annecy – MPh2 SE3 ME3 – 2011 – Philippe Galez Techniques spectroscopiques d'analyse / Spectrométrie de fluorescence atomique

[26] : Amptek Application Note XRF-1: XRF Spectra and Spectra Analysis Software ; By R.Redus, Chief Scientiste, Amptek In, ©2008

[27] : THSED développement d'une méthodologie d'analyse par spectrométrie gamma et par activation neutronique pour l'étude de la distribution des radio-traceurs et des terres rares dans le sol par M. AZBOUCHE Ahmed 17 / 09 / 2015

[28] : THESE Développement d'une méthodologie d'analyse par spectrométrie gamma et par activation neutronique pour l'étude de la distribution des radio-traceurs et des terres rares dans le sol par M. AZBOUCHE Ahmed 17 / 09 / 2015

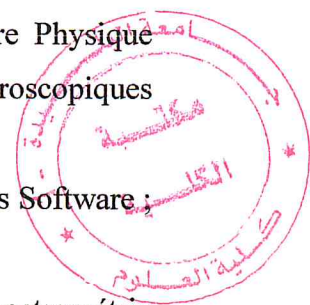
Professeur responsable du suivi : Mr Rémi LOSNO Année 2002 – 2003

[29] : THESE X-Ray Fluorescence (XRF) Analyzer - Theory, Utility, and QA/QC for Environmental and Commercial Product Samples in Cambodia ; Sereyrath Lim sereyrathlim@gmail.com ; State University of New York Collège at. Buffalo - Buffalo State Collège Digital Commons at. Buffalo State 12-2013

[30] : TEHNIQUES NUCLEAIRES DE MICROANALYSES ;M.E.A BENAMAR 2012.

[31] : Techniques Nucléaires PIXE et XRF COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Centre de Recherche Nucléaire d'Alger Formation Continue (Techniques nucléaires d'analyse) AZBOUCHE Chargé de Recherche

[32] : Théorie des rayons X analytiques F. STALPORT - Université Paris DIDEROT LAMARCK bureau 720 – 75013 Paris mail : fabien.stalport@lisa.u-pec.fr



Référence

[33] : *van Grieken R. and Markowicz A. (1993), Handbook of X-ray Spectrometry. Marcel Dekker, New York*

[34] : Techniques nucléaires de microanalyses 09/2012

[35] : PDF Fluorescence X (XRF) Program Méthodes de détection et d'analyse des polluants.

