

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIEN DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة-

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département Ecologie et Environnement

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Intitulé :

Contribution à l'évaluation de la pollution des sols dans la wilaya de Skikda.

Présenté par :

- KEDADRIA Ines

- LARKEM Oumaima

- LARIT Tesnim

- SOUAIDI Asma

Membre de Jury :

Dr. ABBACI Samah (MCB)

Présidente

Université de 20 Aout 1955 Skikda

Dr. ZAOUI Lilia (MCA)

Examinatrice

Université de 20 Aout 1955 Skikda

Dr. KAHIT Fatima Zahra (MCB)

Rapporteur

Université de 20 Aout 1955 Skikda

Année Universitaire 2024/2025

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIEN DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة-

UNIVERSITE 20 AOUT 1955- SKIKDA



Faculté des Sciences

Département Ecologie et Environnement

Mémoire Présenté en Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Protection des Ecosystèmes

Intitulé :

Contribution à l'évaluation de la pollution des sols dans la wilaya de Skikda.

Présenté par :

- KEDADRIA Ines

- LARKEM Oumaima

- LARIT Tesnim

- SOUAIDI Asma

Membre de Jury :

Dr. ABBACI Samah (MCB)

Présidente

Université de 20 Aout 1955 Skikda

Dr. ZAOU Lilia (MCA)

Examinatrice

Université de 20 Aout 1955 Skikda

Dr. KAHIT Fatima Zahra (MCB)

Rapporteur

Université de 20 Aout 1955 Skikda

Année Universitaire 2024/2025

Remerciements

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف المرسلين، سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين

Nous, membres de l'équipe de ce projet, exprimons notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à toutes les personnes qui nous ont soutenus et accompagnés tout au long de la préparation de ce travail.

Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à notre encadrante **Dr. KAHIT Fatima Zahra**, pour son accompagnement précieux, sa disponibilité, et ses conseils éclairés et son soutien constant et son expertise ont été essentiels à la réalisation de ce travail.

On tient à exprimer notre profonde gratitude à **Dr ABBACI Samah** pour avoir accepté de présider le jury de soutenance de ce mémoire. C'est un grand honneur de pouvoir bénéficier de son expertise et de son regard éclairé. On remercie également chaleureusement **Dr ZAOUI Lilia** pour avoir accepté d'examiner ce travail. Sa disponibilité, ainsi que l'attention portée à ce mémoire, sont particulièrement appréciées. Leurs remarques et suggestions contribueront sans aucun doute à enrichir cette recherche.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des **enseignants et personnels administratifs** de notre département pour les efforts fournis et pour avoir créé un environnement d'apprentissage stimulant tout au long de notre parcours universitaire.

Nos remerciements vont aussi à toutes les personnes qui nous ont aidés, de près ou de loin, par un conseil, une information ou un encouragement, à chaque étape de l'élaboration de ce projet.

Nous espérons que ce travail, réalisé dans le cadre de la préparation de notre mémoire de fin d'études, constituera une contribution utile et une première étape vers une carrière professionnelle réussie, si Dieu le veut.

Et que dieu nous accorde le succès

إهداء

إلى من علمتني الأخلاق قبل ان اتعلمها...الى من جعل الجنة تحت اقدامها...وسهلت لي الشدائد بدعائها...الى الانسنة العظيمة التي لطالما تمننت ان تقر عينها في يوم كهذا

امي العظيمة

الى العزيز الذي حملت اسمه فخرا،الى من كلفه الله بالهبة والوقار،الى من حصد الاشواك عن دربي وزرع الراحة بدلا منها الى...أبي

لم يحني ظهر ابي ماكان يحمله،لكنه من اجليا انحدبا..وكنت احجب عن نفسي مطالبها..فكان يكشف عما تشتهي احجبا

فشكرا لكونك ابي

الى من وهبني الله نعمة وجودها، الى مصدر قوتي وارضي الصلابة وجدار قلبي المتين الى ضلعي الثابت وامان ايامي

اختي..قدوتي وملهتي

الى من شددت عضدي بهم فكانو يناييع ارتوي منها،الى خير ايامي وصفوتها..الى قرة عيني اخواني

(يعقوب، سيف، حمزة، طارق)

الى فلاتي كيدي سكر بيتنا وبهجته..احفادي

(اسراء، محمد، نرجس، غيث)

الى من ان ضاقت بيا الدنيا وسعت بخطاهم،وان سقطت كانوا اول من رفعوني بكلماتهم ،الى من رافقني بالقلب قبل الدرب صديقاتي

(ياسمين، فريال، صبرينة)

لكل من كان عوننا وسندا في هذا الطريق،الى من افاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة اليكم عائلتي

اهديكم هذا الانجاز وثمره نجاحي الذي لطالما تمنيتته ..ها انا اليوم اكملت وانتمت اول ثمراته بفضلته سبحانه وتعالى

فالحمد لله على ما وهبني وان يجعلني مباركا وان يعينني اينما كنت ،فالحمد لله شكرا وامتنانا على البدء والختام

وأخر دعواهم ان الحمد لله رب العالمين.

تسليم

إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله على لذة الانجاز و الحمد لله عند البدء و عند الختام (و آخر دعواهم أن الحمد لله ربي العالمين)

. لم تكن الرحلة قصيرة و لم تكن سهلة و لم يكن الحلم قريبا و مهما طاللت فستمضي بحلوها و مرها

أهدي هذا النجاح الى نفسي أولا ثم الى كل من سعى معي لاتمام هذه المسيرة و كانو ظلا لي في اللحظات الصعبة ..

دمتم لي سندا لا عمر له

وأهدي تخرجي الى من احمل اسمه بكل فخر الى من حصد الاشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم بابا الغالي ادامك الله لنا

الى ملاكي في الحياة و معنى الحب و قرّة عيني و اعز ما املك الى بسمّة الحياة و سر الوجود الى من كان دعائها سر

نجاحي و حنانها بلسم جراحي الى غاليتي و جنة قلبي التي رافقتني و ارشدتني في كل مشاوير حياتي.. . امي الغالية حفظها الله

الى اختي الكبيرة قدوتي داعمتي و مصدر قوتي و نباتي أميرة الى سكر بيتنا الحلوة اختي

الصفيرة رانية

الى ضلعي الثابت و امان ايامي، الى من شددت عضدي بهم ،الى خيرة ايامي و صفوتها اخوتي و سيم و ياسين

. الى نصفي الثاني ،و رفيقة دربي الى من كانت لي اختا و صديقة ،و كتفا لا يميل أميمة

. الى من ساندوني بكل حب صديقاتي رميساء امانى خولة بثينة امال سماح نور مريم و ناري

اهديكم هذا الانجاز و ثمرة نجاحي الذي طالما تمنيتيه ،راجيا من الله تعالى ان ينفعني بما علمني ، و ان يعلمني ما اجهل و .يجعله حجة لي لا علي

"و لم تنتهي رحلتي بعد هذه فقط بداية نجاحاتي" الحمد لله رب العالمين

ايناس

إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

{يرفع الله الذين آمنوا منكم والذين أوتوا العلم درجات}

" الْحَمْدُ َ هَلَّ َرَبِّ الْعَالَمِينَ "

عظم المراد في هان الطريق اللهم كما انعمت ف تتم... اللهم بلغني التمام و حسن الختام

إلى كل من كل العرق جبينه ومن علمني أن النجاح لا يأتي إلا بالصبر والإصرار

إلى النور الذي أنار دربي والسراج الذي لا ينطفئ نوره بقلبي أبداً.... من بذل الغالي والنفيس، فاستمدت منه قوتي واعتزازي بذاتي

إلى أبي

إلى من جعل الجنة تحت أقدامها وسهرت الليالي لأجل راحتي ودعائها إلى

الإنسانة العظيمة التي لطالما تمنيت أن أقر عينها في يوم كهذا

إلى أمي

إلى ضلعي الثابت، وأمان أيامي

إلى من شددت عضدي بهم فكانوا أبابيل تروي منها من خبرة أمي وصفوتها إلى قرّة

عيني إخوتي سفيان بلال عماد هاني

إلى قدوتي، أختي الوحيدة سندي في الحياة تخ 'رجي ثمرة دعمك وحبك. شكرًا

لكونك سندي دائمًا

لمن نثرت دفة الأخوة في دروب أيامي، زوجات اخوتي أهدي لك 'ن هذا الانجاز

إلى سكر بيتنا وبهجته صفاري أمجد ليان إلى

نصفي الثاني، ورفيقة دربي

...إلى من كانت لي أختًا وصديقة، وكنّا لا يميل

تخ 'رجي لا يكتمل بدونك، فأنت من كنت معي دومًا بقلبك ودعائك . أحبك بحجم كل ما عبرناه سويًا ابناس

لكل من كان عونًا وسنداً في هذا الطريق

إلى... صديقاتي ملاك شيماء امانى بثينة خولة امال نور

وإلى أولئك الذين كانوا ظلًا لنا في اللحظات الصعبة، حضورهم كان صامتًا لكنه عميق، سنّدًا لا يُنسى في طريق الإنجاز أهديكم هذا الإنجاز وثمره

نجاحي الذي لطالما تمنيتته ها أنا اليوم أكملت وأتممت أول ثمراته بفضلته سبحانه وتعالى فالحمد

لله على ما وهبني

إهداء

سم الله الرحمن الرحيم
إلى العزيز الذي حملت اسمه فخرا وإلى من كلفه الله بالهبة والوقار الى من حصد الأشواك عن دربي
وزرع الراحة لي بدل منها إلى أبي، لم يحني ظهره مما كان يحمله، لكن انحنى ليحمني من أجلي
انحذب ، كنت احجب عن نفسي مطالبها وكان كان يكشف عما أشتهي الحجب شكرا لكونك أبي وإلى من علمتني الأخلاق
قبل أن اتعلمها إلى الجسر الصاعد بي إلى الجنة، إلى اليد الخفية التي أزال
عن طريقي العقبات ومن ظلت دعواتها تحمل اسمي ليلا ، نهارا أمة محبوبتي وملهمتي
إلى من وهبني الله نعمة وجودهم إلى مصدر قوتي وأرضي الصلبة وجدار قلبي المتين إخوتي و أخواتي وإلى من إذا ضاقت بي
الدنيا وسعت بخطاهم وإن سقطت كانوا أول من رفعوني بكلماتهم إلى من رافقتني
بالقلب قبل الدرب أصحابي وأحبتي

ها أنا اليوم طويت صفحة من التعب وسجلت في تاريخي فخرا لا ينسى لم أعد أتسأل عن ملامح الوصول فقد رؤيتها في
عيوني ، تلاشت غيوم التعب وابتسم الأفق بعد عنمة الانتصار هاهي الخطى التي كانت تتعثر أحيانا ، قد وجدت مستقرها في قمة
الإنجاز وبين طيات الطريق تنفست سلام و فرحا و إمتنان و آخر دعواهم الحمد لله ، الحمد لله ربي العالمين

أسماء

ملخص :

في الجزائر وبالاحص في سكيكدة، نلاحظ تدهور حالة كل من التربة المياه الحيوانات والنباتات، وذلك راجع الى النمو الديمغرافي الذي تشهده المنطقة و مع تضاعف الانشطة الصناعية.

من خلال هذه الدراسة قمنا بتقييم مستوى تلوث التربة بالمعادن الثقيلة واستعمال الحلزونات كمؤشر لهذا التلوث، ولدى قمنا باخذ عينات لكل من التربة والحلزونات من نقاط مختلفة (بني زيد، الغيران، الحراش، العزيلات، المرسى، الحدائق).

لقد تم قياس بعض الخصائص الفيزيوكيميائية ، كدرجة الحموضة ، النقلية الكهربائية و المادة العضوية..للتربة ، بلاضافة الى تقييم كمية المعادن الثقيلة في الحلزونات مع دراسة الانواع الموجودة في المنطقة. ثم جمع العينات من نهاية شهر ديسمبر الى منتصف شهر أفريل.

فيما يخص التنوع في القواقع، تم إحصاء 234 فردا ينتمون إلى 11 نوعا مختلفا. وكان النوع الأكثر وفرة هو (Bulime tronqué) بنسبة 29%.

كشفت تحاليل المعادن الثقيلة عن تراكيز مرتفعة ، خصوصا في منطقتي المرسى والحدائق، وقد تبين ان المرسى هي اكثر المناطق تلوثا، وذلك بسبب تصريف المياه المستعملة.

اظهرت الدراسة وجود تباين كبير في خصائص التربة بين المناطق، ما يستدعي اعتماد إدارة موجهة ومتكيفة حسب خصائص كل منطقة. كما ينصح بمواصلة البحث من خلال إدماج معايير بيولوجية و هيدرولوجية إضافية للحصول على تقييم أكثر شمولا ودقة لحالة التربة.

الكلمات المفتاحية: سكيكدة، التربة، التلوث، مؤشر، الحلزونات، المعادن الثقيلة .

Résumé :

En Algérie, et plus particulièrement à Skikda, on observe une dégradation de l'état du sol, de l'eau, de la faune et de la flore, due à la croissance démographique que connaît la région, ainsi qu'à l'intensification des activités industrielles.

À travers cette étude, nous avons évalué le niveau de pollution des sols par les métaux lourds, en utilisant les escargots comme bio-indicateurs. Des échantillons de sols et d'escargots ont été prélevés à partir de différents sites : Collo, El Marsa et El Hadaiek.

Certaines caractéristiques physico-chimiques ont été mesurées, telles que le pH, la conductivité électrique, et la teneur en matière organique du sol. Nous avons également évalué la concentration en métaux lourds chez les escargots, ainsi que la diversité des espèces présentes dans la région.

Les échantillons ont été collectés de fin décembre jusqu'à la mi-avril.

Concernant la diversité des escargots, 234 individus appartenant à 11 espèces différentes ont été recensés. L'espèce la plus abondante était *Bulime tronqué* (29%), suivie de *Petit-gris*, *Pomacea maculata* et *Helix pomatia*.

Les analyses des métaux lourds ont révélé des concentrations élevées, notamment dans les zones d'El Marsa et d'El Hadaiek. El Marsa s'est avérée être la zone la plus polluée, en raison du rejet des eaux usées.

L'étude a mis en évidence une grande variation des caractéristiques des sols entre les différentes zones, ce qui nécessite une gestion ciblée et adaptée aux spécificités locales. Il est également recommandé de poursuivre les recherches en intégrant des paramètres biologiques, microbiologiques et hydrologiques pour une évaluation plus complète et précise de l'état des sols.

Mots clés : Skikda, Sol, Pollution, Escargots, Indicateur, Métaux lourds.

Summary:

In Algeria, particularly in Skikda, we observe the degradation of soil, water, fauna, and flora, due to the demographic growth the region is experiencing, along with the intensification of industrial activities.

Through this study, we assessed the level of soil contamination by heavy metals using snails as bio-indicators. Soil and snail samples were collected from different sites: Collo, El Marsa, and El Hadaiek.

Some physico-chemical properties were measured, such as pH, electrical conductivity, and organic matter content in the soil. We also evaluated the concentration of heavy metals in the snails and studied the diversity of species present in the area.

Samples were collected from the end of December to mid-April.

Regarding snail diversity, 234 individuals belonging to 11 different species were recorded. The most abundant species was *Bulime tronqué* (29%), followed by *Petit-gris*, *Pomacea maculata*, and *Helix pomatia*.

Heavy metal analysis revealed high concentrations, especially in the El Marsa and El Hadaiek areas. El Marsa was found to be the most polluted site, mainly due to the discharge of wastewater.

The study revealed significant variation in soil characteristics between the areas, highlighting the need for targeted and site-specific management. Further research is recommended by incorporating additional biological, microbiological, and hydrological parameters to achieve a more comprehensive and accurate assessment of soil health.

Keywords: Skikda, Soil, Pollution, Snails, Indicators, heavy metals.

Liste des abréviations :

μS : Micro Siemens.

°C : Degré Celsius.

CE : Conductivité électrique.

Cr: Chrome.

Cu: Cuivre.

Fe: Fer.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

HCl : Acide chlorhydrique.

HNO₃ : L'acide nitrique.

MO : Matière Organique.

pH : Potentiel Hydrogène.

T°: Température

St : Station.

Zn : Zinc.

Liste des figures :

N°	Titre	Page
1	Localisation géographique de la zone d'étude.	15
2	Localisation géographique des sites d'études.	18
3	Photos des Escargots prise pendant le ramassage (février 2025).	19
4	Echantillonnage du sol (photo originale).	20
5	Extraction des tissus de escargots.	22
6	Etape 2.	22
7	Séchage dans une étuve.	22
8	Etuve model 202.	22
9	Le Broyage.	23
10	Balance digitale.	23
11	Appareil de chauffage.	23
12	Etape 9	24
13	Etape de filtration.	24
14	Les extraits d'escargots.	24
15	Bacs de 20ml.	25
16	Ajoute du réactif	25
17	Spectromètre.	25
18	Carte géographique des site d'étude	26
19	Carte géographique des station d'étude correspond au site de Collo	26
20	Photo représente les diffèrent stations de prélèvement d'échantillons	27
21	Histogramme représente les Variation spatiale du pH des sols étudiés	28
22	Histogramme représente les Variation spatiale de la conductivité électrique des sols étudiés.	29

23	Histogramme représente les taux d'humidité des sols étudiés.	30
24	Histogramme représente Variation spatiale des taux de la matière organique des sols étudiés.	31
25	Abondance des escargots sur les différents sites	32
26	Richesse spécifique et pourcentage des différentes espèces.	33
27	Photos illustrant quelques escargots collectés au cours de l'étude.	35
28	Variation spatiale des teneurs en fer dans les escargots	37
29	Variation spatiale des teneurs en Chrome dans les escargots.	38
30	Variation spatiale des teneurs en Zinc dans les escargots.	39
31	Variation spatiale des teneurs en Cuivre dans les escargots	40

Liste des tableaux :

N°	Titre	Page
1	Les principaux contaminants.	13
2	Données statistiques des paramètres physico-chimiques des sols Etudiés	27
3	Les valeurs du pH	27
4	Les valeurs de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	28
5	Les valeurs de l'humidité	29
6	Les valeurs de la MO	30
7	Abondance et richesse spécifique des espèces	32
7	Caractérisation des espèces dans les trois site d'étude	33-34
8	Les teneurs moyennes des métaux lourds dans les escargots (mg/l)	36
9	Les teneurs en fer	36
10	Les teneurs en Chrome	37
11	Les teneurs en Zinc	38
12	Les teneurs en Cuivre	39

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicaces

Résumés

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

CHAPITRE 01 : Synthèse Bibliographique

I. SOL 3

1. DEFINITION DU SOL 3

2. LES CONSTITUANTS DU SOL..... 3

2.1. La phase solide du sol 3

2.1.1. Fraction minérale 4

2.1.2. Fraction organique 4

2.2. La phase liquide du sol..... 5

2.3. La phase gazeuse 5

3. PROPRIETES DU SOL 6

3.1. Propriétés chimiques..... 6

3.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)..... 6

3.1.2. La matière organique..... 6

3.1.3. La capacité d'échange cationique..... 7

3.1.4. La conductivité électrique..... 7

3.2. Propriétés physiques 7

3.2.1. Texture 7

3.2.2. Structure 7

3.2.3. Porosité..... 7

3.2.4. Perméabilité 8

3.2.5. Circulation de l'eau dans le sol 8

3.3. Propriétés biologique 9

II. POLLUTION DES SOL 9

1. DEFINITION DE LA POLLUTION DES SOLS 9

1.1. Formes de pollution du sol 9

1.2. Origine de la pollution des sols..... 9

1.3. Les causes de la pollution des sols	10
1.4. Les conséquences de la pollution des sols	11
1.5. Les Métaux lourds	11
1.5.1. Définition	11
1.5.2. Les métaux lourds dans le sol.....	11
1.5.3. Classification des métaux	12
1.5.4. Les différents types des métaux	12
1.5.5. Les principaux contaminants	13
1.5.6. Les différentes sources des métaux lourds.....	14
1.5.7. Impact des métaux lourds sur le sol.....	14

CHAPITRE 02 : Matériels et Méthodes

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	15
1.1. Présentation géographique de la zone d'étude	15
1.2. Situation géomorphologique	15
2. PRESENTATION DES SITES D'ETUDES	16
2.1. Collo	16
2.2. EL Marsa.....	17
2.3. EL Hadaiek	17
3. MATERIEL BILOGIQUE	19
4. TECHNIQUE D'ECHANTILLONNAGE.....	19
4.1. L'échantillonnage des escargots	19
4.2. L'échantillonnage des sols.....	20
5. TRAITEMENT ET CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES SOLS	20
5.1. Traitement et préparation des sols.....	20
5.2. Caractérisation physico-chimique des sols	21
5.2.1. Mesure du pH	21
5.2.2. Détermination de la conductivité électrique (CE).....	21
5.2.3. Détermination de l'humidité du sol par méthode gravimétrique	21
5.2.4. Dosage de la matière organique (MO).....	21
6. METHODE D'ANALYSE DES ESCARGOTS.....	22

CHAPITRE 03 : Résultat et discussions

1. LES PARAMETRE PHYSICO-CHIMIQUE DU SOL	26
1.1. Le potentiel hydrogène pH	27
1.2. La conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	28
1.3. L'humidité	29
1.4. La matière organique.....	30
2. IDENTIFICATION DES ESCARGOTS.....	31
3. LES ANALYSE DES ESCARGOTS.....	36
3.1. Observation.....	36
3.2. Les résultat d'analyse des métaux lourds dans les escargots.....	36

3.2.1. Les teneurs en fer	36
3.2.2. Les teneurs en Chrome.....	37
3.2.3. Les teneurs en Zinc.....	38
3.2.4. Les teneurs en Cuivre.....	39
Conclusion.....	41
Reference bibliographique.....	43

Introduction

INTRODUCTION

Durant le dernier siècle, la société a connu une phase de forte expansion industrielle accompagnée de l'exploitation de nombreuses ressources non renouvelables. Le manque de préoccupation environnementale de cette époque a conduit au déversement de nombreuses substances polluantes dans l'environnement. Celles qui étaient peu voire non dégradables se sont accumulées dans les sols, les sédiments, les eaux et les organismes. Même si cette exploitation a permis un bon développement économique, elle a été à l'origine d'une dégradation de notre environnement via une chute de la biodiversité et de la qualité des milieux naturels. Les composés à caractère polluant arrivant aux sols sont de natures variées (pesticides, éléments traces métalliques, hydrocarbures, PCB, etc.) et présentent des rémanences différentes dans les sols. Les sols constituent une ressource naturelle essentielle, à la fois support de la vie terrestre et réservoir de nutriments, d'eau et de biodiversité. Ils jouent un rôle fondamental dans le cycle de la matière et dans la régulation des écosystèmes. Cependant, au cours des dernières décennies, la pression croissante exercée par les activités humaines – notamment industrielles, agricoles et urbaines – a entraîné une dégradation significative des sols à travers le monde, particulièrement dans les zones à forte industrialisation.

La wilaya de Skikda, située au nord-est de l'Algérie, est l'un des pôles industriels majeurs du pays, notamment en raison de la présence d'un important complexe pétrochimique, d'un port commercial actif, ainsi que d'une activité agricole dense. Cette concentration d'activités industrielles et économiques engendre divers rejets dans l'environnement, susceptibles d'entraîner une pollution des sols par des substances toxiques telles que les hydrocarbures, les métaux lourds et autres contaminant La pollution de sol engendre ainsi des modifications de la densité et la biodiversité, et influence les différentes activités des communautés vivant dans le sol. Cependant, ces communautés, en contact permanent avec ces éléments dans le sol, peuvent s'adapter à l'augmentation de leurs teneurs en développant différents mécanismes (accumulation, détoxification, ...) pour résister à cette contamination.

Elles peuvent être ainsi de bons indicateurs de l'état de ces sols. C'est pourquoi, plusieurs représentants ont été utilisés pour la bio-surveillance et la bio-remédiation des sols contaminés par ces éléments, tels : les escargots. Les escargots peuvent être considérés comme des bio-indicateurs de la qualité des sols, contribuait à l'évaluation de la pollution, ils peuvent accumuler

des polluants dans leurs tissus et sont ainsi des indicateurs de la biodisponibilité des substances toxiques dans le sol, leur utilisation permet de mesurer l'exposition des escargots aux pesticides. Les escargots en tant que organismes terrestres peuvent accumuler des polluants chimiques comme les métaux lourds (Cuivre, zinc,) dans leurs tissus. Les métaux peuvent être présents dans le sol en raison de l'activité humaine. Dans cette région devient une nécessité. Elle permet non seulement de mieux comprendre l'ampleur de la contamination, mais aussi de proposer des mesures de gestion et de réhabilitation adaptées. Ce mémoire s'inscrit donc dans une démarche de diagnostic environnemental, en contribuant à l'étude de la qualité des sols dans certains sites de la wilaya de Skikda, à travers des analyses physico-chimiques et la recherche de polluants spécifiques.

L'objectif principal de ce travail est de fournir une base scientifique solide pour la prise de décisions en matière de protection de l'environnement et de gestion durable des ressources pédologiques dans cette région stratégique.

**SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE**

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. SOL :

1. DEFINITION DU SOL :

Le sol est la couche la plus externe de la croûte terrestre résultant de l'interaction entre la lithosphère, l'atmosphère l'hydrosphère et la biosphère. Il est le matériel plus ou moins friable où les plantes, au moyen de leurs racines, trouvent leur nourriture et leurs conditions de croissance (HILCARD, 1914).

Demolon, (1932) a défini le sol comme étant « la formation naturelle de surface, à structure meuble et d'épaisseur variable, résultant de la transformation de la roche mère sous-jacente sous l'influence de divers processus, physiques, chimiques et biologiques, au contact de l'atmosphère et des êtres vivants. Le sol est vivant, il autorise la coexistence de très nombreux organismes de tailles très diverses et fait du sol un réservoir unique de biodiversité microbienne, animale et végétale. Il résulte de la transformation de la couche superficielle de la roche mère, dégradée et enrichie en apports organiques par les processus vivants de pédogenèse. Le sol est une ressource naturelle, peu ou lentement renouvelable. On différencie le sol de la croûte terrestre par la présence significative de vie.

Du point de vue écologique, le sol est un habitat et un élément de l'écosystème qui est le produit et la source d'un grand nombre de processus et interactions chimiques, biochimiques et biologiques (Ramade ,2001).

2. LES CONSTITUANTS DU SOL

La vie du sol est liée aux échanges entre le monde minéral, organique. Le sol est un milieu poreux constitué d'un ensemble de 5 fractions : les minéraux solides, la matière organique, la fraction vivante, la phase gazeuse et la phase liquide (Calvet, 2003).

2.1. La phase solide du sol

La phase solide est la phase prépondérante du sol et représente 50 à 70% du volume. Elle est constituée d'un ensemble de particules solides élémentaires (minéraux primaires et secondaires) et de matière organique. On pourrait considérer les organismes vivants du sol comme une partie de la phase solide, puisqu'ils ne sont ni gazeux ni liquides (Calvet, 2003).

On distingue deux fractions dans le sol

2.1.1. Fraction minérale

Les constituants de la fraction minérale du sol sont issus de la dégradation physique (altération mécanique) et chimique de la roche mère. Ils forment ‘ l’architecture’ du sol. Les constituants inorganiques peuvent être décrits de trois manières différentes selon leurs propriétés. En effet, on peut étudier la composition élémentaire (avec la teneur en ces éléments chimiques), la minéralogie du sol (avec la nature et la teneur en minéraux) et la composition granulométrique (avec les proportions et les dimensions des particules) (Quenea, 2004).

Les composés inorganiques sont répertoriés dans trois classes au minimum distinctes, suivant leurs tailles :

- Les sables ont une taille entre 2000 et 50 μ m.
- Les limons entre 50-2 μ m.
- Les argiles sont <2 μ m.

La texture d’un sol correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur, indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. Les sols sont classés suivant leurs proportions relatives en particules argileuses, limoneuses et sableuses (Atlas et Bartha, 1992).

2.1.2. Fraction organique

La fraction organique du sol comprend tous les composés organiques simples ou complexes, isolés ou bien associés entre eux dans des ensembles vivants ou non vivants. Ils constituent l’habitat des organismes photosynthétiques terrestres

D’après Stevenson (1994), ils peuvent être classifiés en quatre catégories :

- Les organismes vivants la (biomasse)
- Les organismes morts en voie de dégradation
- Les composés organiques des chaînes réactionnelles de la minéralisation
- Les substances humiques.

Le sol est un habitat généralement favorable à la prolifération des microorganismes, leur nombre est supérieur à celui trouvé dans les eaux douces ou marines. La population microbienne s’élève, en effet à des valeurs comprises entre 10⁶ et 10⁹ bactéries par gramme de sol. Leurs abondances et leurs natures dépendent du type de sol, de la végétation, du climat et des diverses actions anthropiques (Atlas & Bartha, 1992).

2.2. La phase liquide du sol :

La phase liquide du sol, souvent désignée par le terme « solution du sol », occupe une partie plus ou moins importante de la porosité du sol. Elle est constituée d'eau où se trouvent diverses substances et minérales dissoutes et des particules en suspension (Quenea, 2004)

La composition de la solution du sol varie selon :

- Le climat
- Les apports anthropiques (fertilisants, produits de traitement phytosanitaire, etc.)
- L'activité biologique du sol (exsudats racinaires, produits de synthèse et de dégradation microbienne, etc.)

La solution du sol est principalement une solution d'électrolytes, généralement peu concentrée et dont la molarité totale est souvent de l'ordre de 10^{-3} à 10^{-5} mol /L. Elle contient également des ions H^+ et OH^- dont les concentrations déterminent la réaction du sol caractérisée par le pH (Atlas & Bartha, 1992).

2.3. La phase gazeuse :

La phase gazeuse du sol est constituée par les mêmes éléments que l'air atmosphérique, mais à cause de l'activité biologique, les teneurs de chaque composant peuvent changer considérablement. Sa composition dépend elle-même de la profondeur et du temps de renouvellement de l'air à l'intérieur du sol (Quenea, 2004).

Dans un sol bien aéré, les gaz qui règnent dans l'atmosphère du sol sont :

- L'azote (78 à 80%)
- L'oxygène (18 à 20%)
- Le dioxyde de carbone (0,2 à 3%).

A la surface du sol, essentiellement, l'oxygène et le dioxyde de carbone ont un rôle important. En effet, la concentration en oxygène maintient les conditions d'aérobie ou d'anaérobie du sol impliquées dans les conditions de survie des micro-organismes. L'aération des sols est très importante pour la croissance des racines des végétaux. Le dioxyde de carbone influence l'acidité du sol par sa transformation chimique sous forme de carbonate en réaction avec la phase liquide du sol. La composition de cette phase gazeuse du sol peut contrôler fortement la distribution et l'activité des communautés bactériennes des sols.

L'air du sol contient également d'autres substances telles que NO , N_2O , NH_3 , CH_4 , H_2S

et parfois des composés organiques volatils (Atlas & Bartha, 1992).

3. PROPRIETES DU SOL

3.1. Propriétés chimiques

3.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH exprime la réaction acide, neutre ou basique d'un corps selon qu'il renferme beaucoup ou peu d'ions H⁺ libres en solution. Au niveau du sol, le pH est variable et il influe sur les propriétés du sol. Ces variations sont, cependant, limitées car si, en chimie le pH varie de 0 à 14 (7 étant la neutralité), le pH des sols a pour extrêmes 4.5 à 5 pour les sols plus acides et 8 pour les terres très basiques (Prevost, 2006).

Selon Chauda et Leclé, (1999), le pH est fortement influencé par la roche mère et la composition de la litière joue aussi un rôle en particulier à travers son rapport C/N. Il est exprimé par la relation : $\text{pH} = -\log (1/ [\text{H}^+])$

3.1.2. La matière organique

La matière organique des sols résultant de la biodégradation et de la décomposition chimique des plantes et animaux morts au niveau des sols est appelée humus. Selon Halitim (1988), la matière organique est une substance qui n'a pas une composition chimique bien définie, elle comprend en proportions variables, selon les situations écologiques, les éléments suivants :

- Des débris organiques peu ou non décomposés.
- Des matières humifères ou en voie d'humification à des stades divers d'évolution en matière agricole, il convient de faire la distinction entre la matière organique fraîche et celle humifiée.

C'est cette dernière qui joue un rôle important dans la fertilité des sols par l'évolution biochimique qu'elle y subit et par les propriétés physico-chimiques qui en découlent (Huber et al., 2011).

3.1.3. La capacité d'échange cationique

La capacité d'échange cationique (CEC ou T pour capacité totale) d'un sol est la quantité de cations que celui-ci peut retenir sur son complexe adsorbant à un pH donné. C'est une propriété des sols utile et intéressante car elle permet de caractériser le sol du point de vue de la régulation de la composition ionique de la composition du sol comme elle est reliée à des polluants métalliques (Calvet, 2003).

La capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure du pouvoir d'un sol à retenir et

échanger des cations. Il s'agit d'un indicateur relatif du potentiel de fertilité d'un sol. Les sols ayant une CEC élevée peuvent retenir davantage de cations et possèdent une plus grande capacité à les échanger que les sols ayant une faible CEC (Kessel, 2015). Il est pourtant d'un grand intérêt de comparer les sols différents au sujet de la quantité de cations basiques fixes par rapport aux cations acides; c'est une bonne indication de la fertilité minérale mais aussi du degré général d'évolution.

3.1.4. La conductivité électrique

C'est l'indice de la teneur en sels solubles dans le sol. Elle exprime approximativement la concentration des solutions ionisables présentes dans l'échantillon c'est à dire son degré de salinité. Cette propriété électrochimique est basée sur le fait que la conductance d'une solution s'accroît au fur et à mesure que les concentrations en cations et anions porteurs de charges électriques augmente (Clément, 2003).

3.2. Propriétés physiques

3.2.1. Texture

La texture d'un sol est l'ensemble des propriétés qui découlent de la composition granulométrique du sol (teneur en pourcentage de sables grossiers et fins, de limons, d'argile, d'humus et de calcaire). Elle est déterminée par l'analyse granulométrique. La texture est le diamètre moyen des particules du sol, ou la composition granulométrique. On distingue :

- La texture minérale qui est la proportion des sables, limons et argiles mesuré par l'analyse granulométrique.
- La texture organique qui reflète la proportion de fibres et de matériel fin micro agrégé dans les matériaux holorganiques (Halitim, 1988).

3.2.2. Structure

La structure désigne le mode d'assemblage des particules ; elle s'observe et se décrit à deux niveaux : à l'échelle macroscopique observable à l'œil nu et à l'échelle microscopique (microstructure ou micromorphologie). La structure du sol fait référence à la taille, la forme et la disposition des constituants solides (minéraux et organiques) et des constituants gazeux (vides), à la continuité des pores « dont certains sont occupés par de l'eau, d'autres, les plus grossiers, par de l'air. Il est donc clair que la structure du sol peut se décrire à plusieurs échelles (particules minérales, agrégats, parcelle) (Duchaufour, 2001). Elle est influencée par les processus hydriques, tel que la rétention de l'eau, l'infiltration et le transfert préférentiel et dépend donc de l'échelle considérée.

3.2.3. Porosité

La porosité désigne la fraction du volume total du sol occupé par des vides (eau +air)

dans le sol tels que : la circulation de l'eau et de l'air, le transport de solutés et la croissance et le développement des racines. Elle se caractérise par la distribution de la taille des pores suivant leur forme et leur connectivité. La porosité est exprimée par le rapport entre le volume des vides et le volume total du sol. C'est donc une grandeur adimensionnelle dont les valeurs varient typiquement entre 0.3 et 0.7. Habituellement 3 classes de taille de pores peuvent être distinguées :

- La microporosité (petite taille des pores)
- La méso porosité (taille des pores intermédiaire)
- La macroporosité (grande taille des pores)

3.2.4. Perméabilité

La perméabilité d'un sol est définie par la vitesse d'infiltration de l'eau de gravité en cm par seconde (ou par heure, si la vitesse est lente). L'infiltration est le nom donné au processus d'entrée de l'eau dans le sol à travers la surface du sol et verticalement vers le bas, ce processus est d'une grande importance dans la pratique car son régime détermine souvent le ruissellement qui se forme à la surface du sol pendant les orages (Hillel, 1984). La vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol est profondément affectée par l'état structural de la surface et l'état structural de la couche du sol intéressé par l'infiltration. Par exemple lorsque les pluies sont intenses, elles modifient la surface du sol, du moins lorsque la structure est instable, et peut là aussi, se former une couche compacte limitant la pénétration de l'eau (Henin et al., 1969).

En général la capacité d'absorption de l'eau par le sol est élevée au début de l'infiltration, en particulier quand le sol est initialement très sec. La perméabilité d'un sol dépend aussi de la porosité, mais surtout du taux de saturation en eau (Hillel, 1984).

3.2.5. Circulation de l'eau dans le sol

Les gradients présentés par les différentes forces agissant sur l'eau dans les sols déterminant la caractéristique de ses flux au sien de la couverture pédologique, tant en direction qu'en débit

- Circulation de l'eau dans les sols saturés Dans ce cas, l'eau se déplacé verticalement, sauf si elle est réorientée par un obstacle l'eau percole à travers le sol ; le drainage correspond au même mécanisme, mais sous-entend que l'on s'intéresse davantage à l'évacuation de l'eau en excès dans un sol (Duchaufour, 2001).
- Circulation de l'eau dans les sols non saturés Lorsque la teneur en eau de la terre est inférieure à la capacité de rétention, l'effet de la gravité sur le déplacement d'eau devient faible, voire négligeable. Ceux-ci sont principalement réglés par les gradients du potentiel matriciel qui devient prédominant dans les sols (Duchaufour, 2001).

3.3. Propriétés biologiques

La présence de racines, d'animaux et de microorganismes (bactéries et champignons) dans le sol est en interaction avec ses propriétés physiques et chimiques (structure, dynamique de la matière organique, etc.). Cette présence d'êtres vivants est synonyme d'activité biologique, elle est en interaction :

- A long terme avec sa composition physique et sa dynamique (transformation des minéraux, enrichissement en matière organique via les producteurs primaires : végétaux).
- A court terme avec sa structure (qui elle-même définit le comportement physique du sol en termes de porosité et de circulation des fluides, eau et air) et la stabilité de cette structure.

L'interaction entre biologie et chimie avec le sol se traduit par les êtres vivants qui vont être des facteurs clefs dans le cycle des éléments. Ils peuvent les faire passer d'une forme organique à une forme minérale (minéralisation) ou, à l'inverse, de la forme minérale à la forme organique (organisation ou rétrogradation). De plus, ils peuvent (surtout les bactéries), faire passer les éléments d'un oxydé à un état réducteur ou vice-versa (Benyahia & Mahdaoui, 2012).

II. POLLUTION DES SOLS

1. DEFINITION LA POLLUTION DES SOLS

La pollution des sols et la contamination sont deux expressions couramment employées pour désigner l'accumulation anormale et exogène, généralement due à une activité humaine, d'éléments ou de composés minéraux, organiques ou d'agents pathogènes dans un milieu donné dont la qualité se trouve affectée (CHASSIN et al., 1996).

1.1. Formes de pollution du sol

a) Les pollutions diffuses

Elles se développent sur de grandes surfaces de sols impliquant des polluants à faible concentration, et proviennent généralement d'épandages de produits solides ou liquides (emploi d'engrais ou de pesticides en agriculture) ou de retombées atmosphériques. La dispersion puis l'accumulation de substances dangereuses sur ces sols donne ainsi des « sites uniformément contaminés » (NF ISO 11074- 1,1997 in CARNICER et al., 2007, JEANNOT et al., 2000).

b) Les pollutions ponctuelles

À l'inverse des pollutions diffuses, elles se distinguent par la présence ponctuelle dans les sols et sous-sols de substances dangereuses provenant généralement de déversements, de fuites ou de dépôt de déchets. Non confinées et en fortes concentrations, ces substances donnent

naissance à des « sites localement contaminés » (NF ISO 11074 - 1, 1997 in CARNICER et al 2007).

1.2. Origine de la pollution des sols

a) Origine naturelle

- Les conséquences directes ou indirectes de catastrophes naturelles, tels que le volcanisme ;
- Une pollution liée à des phénomènes naturels, tels que les éruptions solaires ;
- Une pollution d'un captage d'eau potable par un animal qui fera ses besoins à proximité, ou qui serait mort et en décomposition dans l'eau. (Hezzat, 2011)

b) Origine anthropique

L'origine anthropique de la dégradation du sol est due la plupart du temps aux diverses activités humaines qui appauvrissent les sols en matières organiques, en éléments minéraux et en microorganismes (Qi et al., 2015).

Nous pouvons citer quelques exemples d'origine anthropique de la dégradation des Sols.

- La déforestation, le surpâturage et les incendies de forêts qui engendrent une perte de la couverture végétale et accélère l'érosion du sol (Wenyou et al., 2018).
- L'épandage excessif d'engrais (notamment phosphatés, riches en cadmium, et de produits phytosanitaires pesticides) dans le but de fertiliser le sol ou de se débarrasser des êtres vivants nuisibles aux cultures (Rong et al., 2018).
- La sur-urbanisation de sols à vocation agricole : les surfaces bétonnées qui couvrent le sol empêchent l'eau de pénétrer dans la terre et sans eau, aucune vie ne peut se développer (Shixue et al., 2018).
- Les émissions intenses des rejets toxiques et polluants riche en métaux lourds par les industries et par la circulation automobile.
- Le dépôt et l'accumulation des boues de station d'épuration, des déchets industriels et ménagers sur les sols sous forme de décharges autorisées ou sauvages (Pengyan et al., 2018).

1.3. Les causes de la pollution des sols

Les facteurs topographiques et climatiques tels que les pentes abruptes, les crues, les tornades, les tempêtes et les vents de haute vélocité, les pluies de forte intensité, et la sécheresse

sont parmi les causes naturelles de dégradation de la qualité des sols (Fernández *et al.*, 2018)

1.4. Les conséquences de la pollution des sols

Un sol pollué est un site présentant un risque ou des nuisances pérennes pour la santé de l'homme, les ressources biologiques, et les écosystèmes présents sur ce site. L'impact des sols pollués concerne principalement les eaux souterraines et nappes phréatiques. La contamination des eaux souterraines est très difficile, voire impossible à nettoyer. L'eau ne peut plus être traitée et devenir inutilisable.

En revanche, pour les agriculteurs-pollueurs, la législation demeure beaucoup plus floue. Les agriculteurs ont un énorme rôle à jouer dans la diminution des pollutions des sols. L'agriculture intensive et l'utilisation massive de produits phytosanitaires ont une responsabilité considérable dans ce domaine (Hezzat, 2011).

1.5. Les Métaux lourds

1.5.1. Définition

Un métal est une matière, issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie (Mir, 2016).

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, de densité supérieure à 5 g/cm³ et tout métal ayant un numéro atomique élevé (Fourest, 1993)

1.5.2. Les métaux lourds dans les sols

Les métaux se répartissent dans les sols sous des formes variées. On les trouve sous forme échangeable dans les argiles et la matière organique qui leur permet d'être absorbés par les plantes, sous forme de complexes ou associés à des molécules organiques. Ils peuvent être inclus dans des phases cristallines ou directement adsorbés sur des particules d'oxydes ou d'hydroxydes de fer, d'aluminium et de manganèse. La forme des métaux dans les sols dépend de manière dynamique de leur composition minéralogique, des conditions de salinité, de pH, d'oxydo-réduction, de la granulométrie du sol, de sa teneur en eau, de la présence de ligands en solution et de micro-organismes. Tous ces facteurs influencent la solubilisation des métaux ou contraire, leur précipitation ou leur adsorption (Nowak & *al.*, 2003 ; Laperche & *al.*, 2004). La forme sous laquelle les éléments traces sont présents dans le sol conditionne leur mobilité et

leur biodisponibilité, deux paramètres extrêmement importants pour évaluer leur impact toxicologique. La teneur en métaux des sols peut être d'origine naturelle ou d'origine anthropique.

1.5.3. Classification des métaux

Les métaux lourds peuvent être classés en se basant sur leur densité (Diffus, 1980).

- Les métaux lourds sont dits lourds si leur densité dépasse 5 ;
- Les métaux lourds sont dits légers si leur densité est inférieure à 5.

Les métaux peuvent également être classés en se basant sur leurs effets biologiques.

- Les oligo-éléments essentiels pour un fonctionnement normal des paramètres biochimiques à des concentrations non excessives, notamment : Fe, Mg, Zn... ;
- Métaux sans fonction biologique établie tels que : Cd, Hg, Pb....

1.5.4. Les différents types des métaux

D'un point de vue biologique, on distingue deux types en fonction de leurs effets physiologique et toxique, métaux essentiels et métaux toxiques (Huynh, 2009).

a) Les métaux toxiques

Tout élément est toxique quand il est absorbé en excès par rapport à la capacité d'assimilation de l'organisme. La toxicité des métaux lourds pour les micro-organismes du sol est principalement due à leur capacité à établir des complexes stables avec les protéines ce qui peut altérer les sites actifs ou déplacer des cofacteurs métalliques essentiels (Baath, 1992).

b) Les métaux essentiels ou oligoéléments

Sont des éléments indispensables à l'état de traces pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques (Loué, 1993).

Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre, du nickel, du zinc, du fer. Par exemple le zinc à la concentration du milli molaire est un oligo-élément qui intervient dans des nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénase, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides (Kabata & Pendias, 2011).

1.5.5. Les principaux contaminants

Tableau 01. Les principaux contaminants.

Le métal	Usages	Persistance dans le sol	Toxicité
Le plomb	Les canalisations d'eau, les dditifs d'essence et les pesticides agricoles. L'imprimerie, la métallurgie, entre dans la composition de batteries électriques, de radiateurs d'automobiles...etc. (Bonnard <i>et al.</i> , 1998, Laperche <i>et al.</i> , 2004 ; Pichard, 2003).	Peu mobile qui s'accumule dans les horizons supérieurs des sols. Le plomb s'adsorbe majoritairement aux argiles et aux matières organiques. Les complexes plomb-organique formés sont stables (Kabata & Pendias, 2011 ; Yarlagadda <i>et al.</i> , 1995; Li <i>et al.</i> , 1996 ; Basta <i>et al.</i> , 2005).	L'ingestion de plomb provoque des troubles digestifs, l'anémie et atteinte du système nerveux. (ATSDR, 2004).
Le cuivre	L'électricité, l'électronique et les télécommunications, la construction pour la plomberie, le transport, la machinerie, la marine...etc.(ICSG, 2014a).	Relâché dans les sols par les activités d'extraction et de raffinerie du cuivre. Le cuivre est un élément non mobile dans les sols, transféré à l'eau ou à l'atmosphère (ATSDR, 2004 ; Kabata & Pendias, 2011). Il est adsorbé par les argiles, la matière organique, le carbonate...etc. (Yarlagadda <i>et al.</i> , 1995).	L'ingestion chronique de cuivre peut entraîner des dommages irréversibles au foie et aux reins, allant jusqu'à causer la mort. Le cuivre n'est pas considéré cancérigène. (ATSDR, 2004).
Le zinc	La galvanisation du fer et la production d'alliages, l'industrie automobile et pour les chemins de fer, l'industrie pharmaceutique... etc. (Kabata& Pendias, 2011 ; Pichard <i>et al.</i> , 2005a).	Plus mobile et lessivable en sols légèrement acides qu'en milieu alcalin. La demi-vie du zinc dans le sol est estimée à près de 80 ans (Kabata & Pendias, 2011).	L'exposition excessive au zinc cause des malaises Neurologiques, l'anémie, et des dommages au foie, des perturbations et des cancers. (ATSDR, 2004)
Les HAP	Les teintures, les pigments, certain polymères, les solvants, les surfactants, les déodorants, le goudron de houille, les huiles de moteur, l'essence, le gazole, le pétrole brut...etc.(Leoz-Garziandia <i>et al.</i> , 2000 ; Rollin <i>et al.</i> , 2005).	La solubilité et la volatilité des HAP sont très faibles, donc une forte persistance dans les sols et les eaux par adsorption sur des cibles hydrophobes tels que la matière organique.	Chez l'humain, le contact avec des HAP pourrait perturber le fonctionnement du foie, du système sanguin, immunitaire et reproducteur, et cause des cancers.(Leoz-Garziandia <i>et al.</i> , 2000)

1.5.6. Les différentes sources des métaux lourds

a) *Les sources d'origine naturelles*

Les réserves les plus importantes en métaux lourds se trouvent dans les roches et/ou les sédiments océaniques, ils sont introduits dans la biosphère via, les volcans, l'activité des sources thermales, l'érosion et l'infiltration... (Miquel, 2001).

b) *Les sources d'origine anthropiques*

- **Les rejets physiques**

Concernant essentiellement le plomb et dans la moindre mesure le cadmium, sont dus à deux phénomènes, d'une part, l'activité métallurgique et minière, d'autre part, les rejets qui sont liés au sort des produits en fin de vie, chargés en plomb, c'est le cas des batteries d'automobiles. Les rejets de mercure liquide sont beaucoup moins importants. Le mercure se retrouve toutefois dans les canalisations en sortie de site d'utilisations (hôpitaux, cabinets dentaires, ...etc.) (Miquel, 2001).

- **Les rejets atmosphériques**

Les métaux représentant des masses importantes dans l'atmosphère, qui se chiffrent par dizaines de tonnes (mercure, arsenic et cadmium), par centaines (Crome) ou par milliers de tonnes (le plomb) (Pierre, 2000).

1.5.7. Impact des métaux lourds sur le sol :

La composition des sols qui détermine aussi la quantité des métaux lourds retenus. Les sols légers sont très peu pollués en métaux lourds : ces sols, ne contenant que de faibles quantités d'argiles et de composés humiques, ont un pouvoir d'adsorption faible vis-à-vis des métaux lourds. C'est la raison pour laquelle la pollution par les métaux lourds est plus élevée dans les sols lourds que dans les sols légers (Bliefert & Perraud, 1997). Sur l'environnement, il a un effet neurologique sur le comportement (mésos-faune et macrofaune) ; il inhibe l'activité microbienne dans la décomposition de la matière organique. Le zinc n'a pas d'effet cancérigène par voie orale ou par inhalation. Dans l'environnement, le zinc perturbe l'écosystème forestier au niveau de la décomposition de la matière organique et du recyclage des nutriments (Mijno, 2007).

MATERIALS ET METHODES

MATERIALS ET METHODES

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :

1.1. Présentation géographique de la zone d'étude :

La zone d'étude correspond à la wilaya de Skikda, située au Nord-est algérien, couvrant une surface totale de 4137,68 km². Elle est comprise entre 36°05' et 36°15' de latitude Nord et entre 7°15' et 7°30' Est des longitudes. Localisée entre l'Atlas Tellien et le littoral méditerranéen, elle dispose de 140 km de côtes qui s'étalent de El Marsa à l'est jusqu'à Oued Z'hour à l'ouest (Guemari & Debbech ,2017). Elle est limitrophe avec les wilayas d'Annaba, Guelma, Constantine, Mila et Jijel (carte 1).

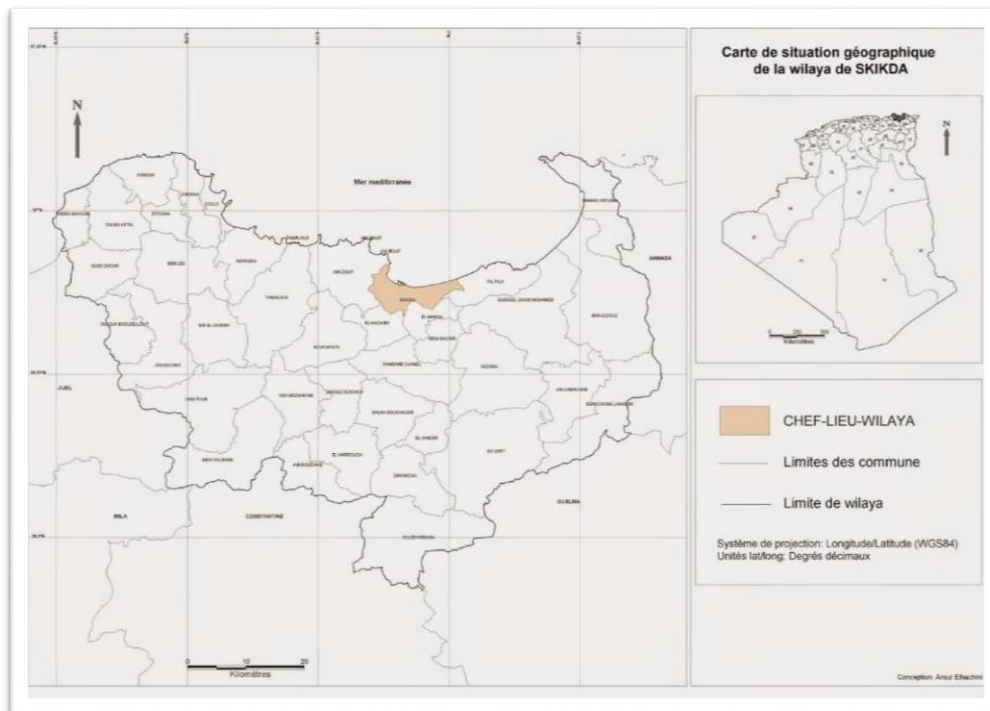


Figure 1 : Localisation géographique de la zone d'étude.

1.2. Situation géomorphologique

Autour de la région de Skikda se trouvent quelques reliefs :

- Le Djebel El Alia et le Djebel Kef Mosouna à altitudes variant entre 400 m et 600 m.
- La chaîne numidique ou Dorsale de l'Atlas tellien, barrière physique Est-Ouest, composée de plusieurs massifs dont le Kef Sidi Driss culminant à 1364 m. La partie septentrionale de la

chaîne numidique prend une orientation Sud-Ouest, Nord-Est ; les altitudes diminuent et atteignent 620 m à Kef Moma et 600 m au Kef Sebaroud.

a) Le Réseau hydrographique de la région de Skikda

La wilaya de Skikda est traversée par trois principaux cours d'eau à savoir : oued kebir à l'Est, oued Saf-Saf au Centre et oued Guebli à l'Ouest. Sept bassins hydrographiques sont alors identifiés au niveau de la région :

- ❖ A l'Ouest : ont identifiés les deux bassins hydrographiques suivent :
 - ✓ Le bassin cotier du cap Bougaroun.
 - ✓ Le bassin de l'oued Guebli.
- ❖ Au centre : ainsi pour le centre, possède deux bassin hydrographique :
 - ✓ Le bassin de l'oued Bibi
 - ✓ Le bassin de l'oued Saf-Saf.
- ❖ A l'Est : trois bassin hydrographique s'identifiés :
 - ✓ Le bassin côtier de Filfila.
 - ✓ Le bassin côtier du Kebir Ouest.
 - ✓ Le bassin côtier du Kebir Ouest cote Magroun.

b) Situation Climatique de la zone d'étude :

La wilaya appartient aux domaines bioclimatiques humides et subhumides et son climat est à variante douce et tempérée au niveau du littoral et froid à l'intérieur. L'étage humide couvre la zone occidentale montagneuse ainsi que les Sommets à l'est et au sud. Le domaine subhumide prévaut sur les 4/5ème du territoire de la wilaya avec une pluviométrie comprise entre 1000 et 1500 mm/an. Sous l'influence maritime, les températures sont douces en hiver (11°C en Janvier) et chaudes en été (24°C en Août) sur le littoral où les amplitudes thermiques sont faibles. Elles sont moins douces en hiver (9°C) et plus chaudes en été (27°C) au niveau du territoire intérieur où les amplitudes sont plus marquées. (Aniref, 2013).

2. PRESENTATION DES SITES D'ETUDES :

Notre recherche est conduite dans trois régions distinctes, Collo et El Marsa, dont les caractéristiques seront présentées ci-dessous :

2.1. Collo :

- ✓ **Localisation** : à l'ouest de Skikda (Nord-Est de l'Algérie).
- ✓ **Coordonnées** : 36°58'10.33 '' N, 6°36'41.33 ''E.
- ✓ **Relief** : Située au fond de la baie de Collo, entourée de montagnes boisées.
- ✓ **Altitude** : Environ **20 à 30 mètres** au-dessus du niveau de la mer, et entourée de reliefs atteignant jusqu'à **1000 mètres** dans les zones montagneuses voisines.
- ✓ **Type de sol** : les sols de la région sont principalement argilo-limoneux, riche en matière organique
- ✓ **Végétation** : la végétation naturelle comprend le maquis méditerranéen dans les plaines,

tandis que les zones montagneuses abritent des forêts de pin d'Alep, de chêne-liège et de cèdre.

2.2 El Marsa :

- ✓ **Localisation** : Nord-Est de l'Algérie, dans la willaya de Skikda.
- ✓ **Coordonnées** : 37°01'56.1''N et 7°15'16.7''E.
- ✓ **Relief** : Commune côtière avec une plaine littoral, bordée à l'ouest par les collines de Skikda et à l'est par les contreforts de cap de Fer.
- ✓ **Altitude** : Varie de 0 à environ 866 mètres, avec une moyenne autour de 211 mètres.
- ✓ **Type de sol** : Les sol sont diversifiés, allant des sols sablonneux en bord de mer à des sols plus argileux et fertiles à l'intérieur des terres.
- ✓ **Végétation** : la région est caractérisée par une végétation méditerranéenne incluant des forêts de pin d'Alep, et de chêne-liège.

2.3. El Hadaiek :

- ✓ **Localisation** : à l'est de Skikda (Nord-Est de l'Algérie).
- ✓ **Coordonnées** : 36°49'32'' N, 6°53'18''E.
- ✓ **Relief** : Zone avec des plaines, des plateaux et quelque zone montagneuse.
- ✓ **Altitude** : Environ **174 mètres** au-dessus du niveau de la mer.
- ✓ **Type de sol** : Sols constitués de dépotes argileux et marneux, avec présence des roches sédimentaire.
- ✓ **Végétation** : végétation de type méditerranéen, présence de chêne-liège (*quercus suber*), de plantes herbacées et de petits arbustes.

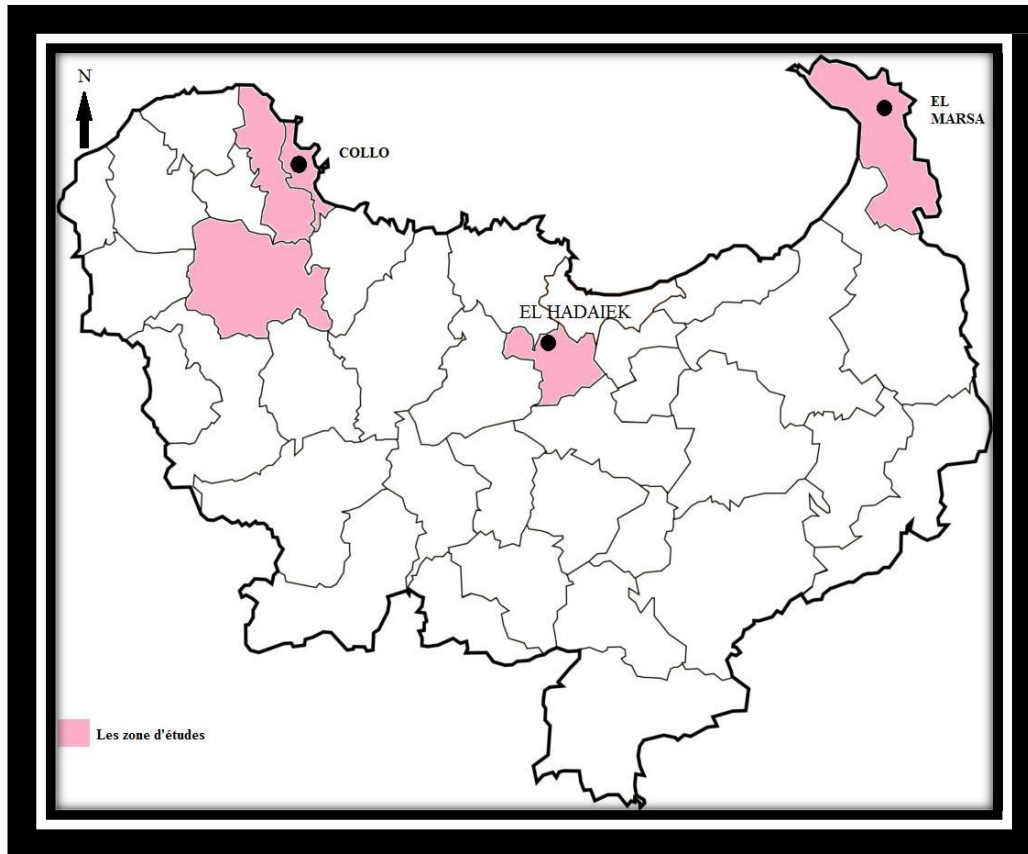


Figure 2 : Localisation géographique des sites d'études.

3. MATERIEL BIOLOGIQUE :

a) Présentation de l'espèce :

L'escargot est une espèce ubiquiste qui s'adapte à des milieux, des sols et des climats variés (Benguedouar, 2016), qui se distingue par à corps mou et non segmenté complètement dépourvu d'appendices articulés, sa masse viscérale présente une torsion de 180° par rapport au pied (Larba, 2014) d'où une asymétrie de certains de ces organes : un seul rein, poumon, et une seule oreillette cardiaque (Smida & Toulbia, 2016).

b) Utilisation des escargots comme bio-indicateurs :

Bioindicateur: Selon la définition générale de Spellerberg (2005), un indicateur biologique peut être défini comme une espèce reflétant l'état du milieu dans lequel elle vit. Il doit pour cela répondre à un certain nombre de critères (Hopkin, 1993 ; Edwards et al. 1996) :

- Participer activement au fonctionnement de l'écosystème.
- Être sédentaire, largement distribué et facile à identifier et à échantillonner.
- Être bio accumulateur.
- Être tolérant aux fortes contaminations de l'environnement.
- leur écologie et physiologie doivent être connues.

Les escargots ont donc depuis longtemps été utilisés pour étudier l'accumulation de polluants (Coughtrey and Martin, 1976; Dallinger et al. 1993; Laskowski and Hopkin, 1996; Coeurdassier et al.2001; de Vaufleury et al. 2006; Gimbert et al. 2006; Druart et al.2011).

4. TECHNIQUE D'ECHANTILLONNAGE :

4.1. L'échantillonnage des escargots :

a) Collecte des escargots :

Les escargots ont été prélevés sur la végétation, les rochers, le sol, entre les tombes et dans les murs durant le mois de décembre 2024 jusqu'à mi-avril 2025, durant laquelle la récolte des escargots a été effectuée manuellement par prélèvement directe, suivant la méthode d'échantillonnage aléatoire simple.



Figure 3 : photos des Escargots prise pendant le ramassage (février 2025).

b) Conservation des escargots :

Les escargots prélevés sont conservés dans des bouteilles en plastique. Les échantillons vivants sont mis dans des bocaux, jusqu'à la prochaine étape (l'identification) qui se fera au laboratoire. Sur chaque bouteille une étiquette porte les mentions : Numéro d'ordre de l'échantillon, station, date de récolte, les facteurs climatiques (vent, température, humidité, précipitation).

4.2. L'échantillonnage des sols :

Les échantillons de sol ont été prélevés au même site que les échantillons d'escargots, grâce à la création d'un trou dans le sol à une profondeur de 40 cm, permettant ainsi de collecter une quantité de terre représentative (Figure 4).



Figure 4 : Echantillonnage du sol (photo originale).

5. TRAITEMENT ET CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES SOLS

5.1. Traitement et préparation des sols :

Les sols sont été séchés à l'air libre sur du papier pendant 10 à 15 jours, broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine afin de les réduire en particules fines, puis tamisés avec un tamis de mailles de 2mm. Ils sont ensuite conservés dans des sachets jusqu'à analyse.

5.2. Caractérisation physico-chimique des sols :

5.2.1. Mesure du pH

Le pH du sol a été déterminé par une méthode de suspension dans l'eau distillée, avec un rapport sol/eau de $\frac{1}{4}$ (5g de sol pour 20ml d'eau distillée), après agitation pendant 15 minutes et en temps de repos de 15 minutes, le pH de la suspension a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre préalablement étalonné.

5.2.2. Détermination de la conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est une mesure qui donne une estimation de la concentration des sels solubles présents dans un échantillon.

La conductivité électrique a été déterminée à l'aide d'un conductimètre, suivent une méthode similaire à celle utilisée pour mesure du pH.

5.2.3. Détermination de l'humidité du sol par méthode gravimétrique

La méthode gravimétrique est une technique couramment utilisée pour déterminer l'humidité du sol. Elle consiste à peser un échantillon de sol avant et après séchage à l'étuve.

L'humidité du sol a été déterminée à partir d'un échantillon de 5g de sol séché à 105 C° pendant 6 heures, la teneur en humidité étant calculée à partir de la différence de masse avant et après séchage.

5.2.4. Dosage de la matière organique (MO)

La teneur en matière organique du sol a été déterminée par la méthode de perte au feu (LOI- Loss On ignition). Les échantillons de sol ont été soumis à une calcination à haute température (550 C°) pendant plusieurs heures. La perte de masse après combustion a été mesurée et utilisée pour calculer la teneur en matière organique.

6.Méthode d'analyse des escargots :

1. Nous extrayons les tissus mous des escargots manuellement, en retirant les coquilles et toutes les parties non comestibles.



Figure 5 : Extraction des tissus de escargots.

2. Les tissus sont ensuite placés dans une étuve à une température 100°C Pendant 1h30, jusqu'à ce qu'ils soient complètement secs.



Figure 6 : Etape 2. Figure 7 : Séchage dans une étuve. Figure 8 : Etuve model 202.

3. Après séchage, les échantillons sont laissés à température ambiante pour refroidir.

4. Nous broyons ensuite les tissus séchés jusqu'à obtenir une poudre fine et homogène (Figure 10).

5. Nous pesons un gramme de chaque échantillon de poudre, que nous transférons dans une cuve (crezi) (figure11).



Figure 9 : Le Broyage.



Figure 10: Balance digitale.

6. Les cuves sont placées sur un appareil de chauffage avant l'attaque acide.
7. Chaque gramme d'échantillon est attaqué dans un premier temps avec de l'acide chlorhydrique (HCL), en ajoutant 1ml à la fois jusqu'à la fin de la réaction.
8. Ensuite, une seconde attaque est réalisée avec de l'acide nitrique (HNO_3), selon la même procédure que pour premier acide.



Figure 11: Appareil de chauffage.

9. Une fois la réaction terminée, nous ajoutons de l'eau distillée et mélangeons soigneusement jusqu'à obtention d'un mélange homogène.

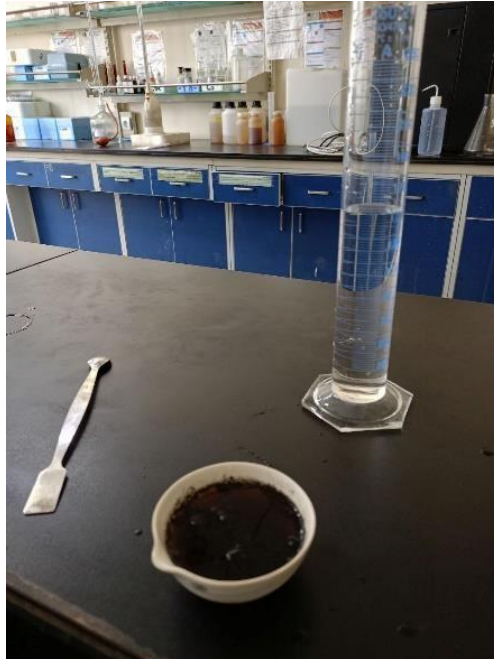


Figure 12 : Etape 9

10. Nous filtrons ensuite la solution à l'aide de papier filtre afin d'éliminer toutes les particules non dissoutes.



Figure 13 : Etape de filtration.



Figure 14 : Les extraits d'escargots.

11. Les analyse suivantes sont effectuées sur la solution filtrée : Fer, Chrome, Zinc, Cuivre (Laboratoire Sonatrach).

12. On prélève 10ml de l'échantillon, puis on ajoute le réactif, et ensuite on procède à l'aide d'un spectromètre.



Figure15 : bacs de 20ml.



Figure 16 : Ajoute du réactif



Figure17 : Spectromètre.

RESULTAT ET DISCUSSIONS

RESULTAT ET DISCUSSIONS

Dans ce chapitre, nous allons noter que :

Site 1 : la région de Collo : représente 5 station

- Beni zid 1 **zone urbaine** (point 1)
- Beni zid 2 **zone agricole** (point 2)
- Beni zid 3 **zone périurbaine boisée** (point 3)
- EL Hraiche **zone forestière rurale** (point 4)
- Beni zid 4 **zone rurale habitée** (point 5)

Site 2 : la région de El Hadaiek centre représente 1 station (point 6) **Zone urbaine centrale.**

Site 3 : la région de El Marsa centre représente 1 station (point 7) **Zone côtière urbaine.**

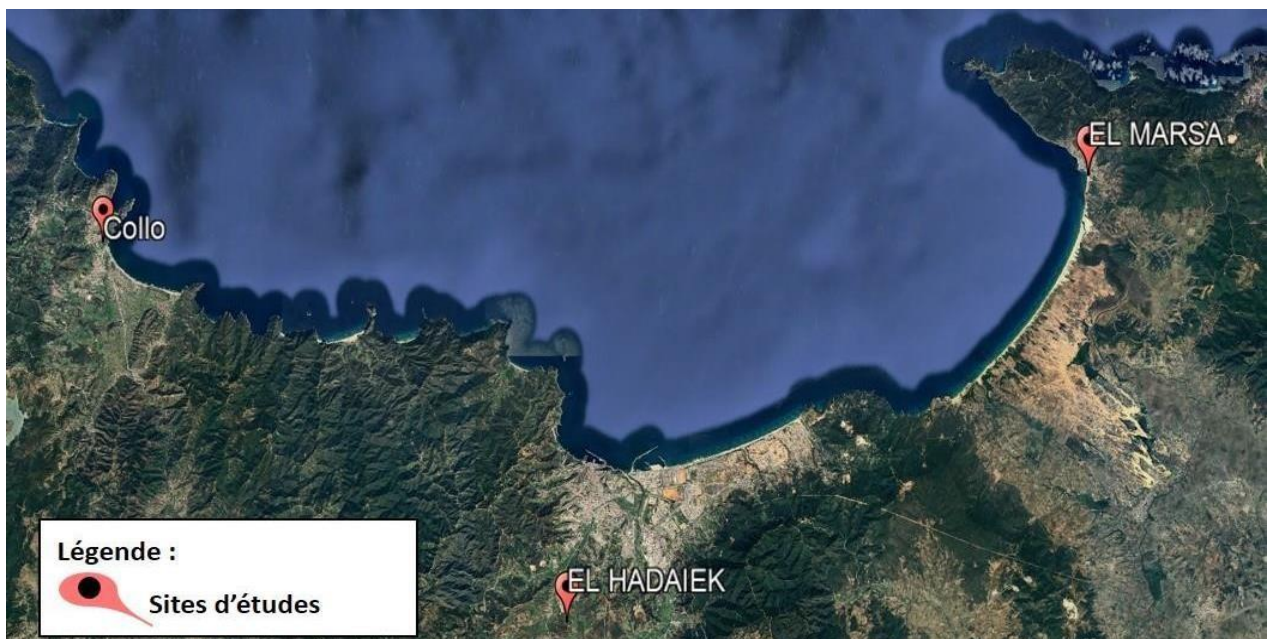


Figure 18 : carte géographique des sites d'étude.

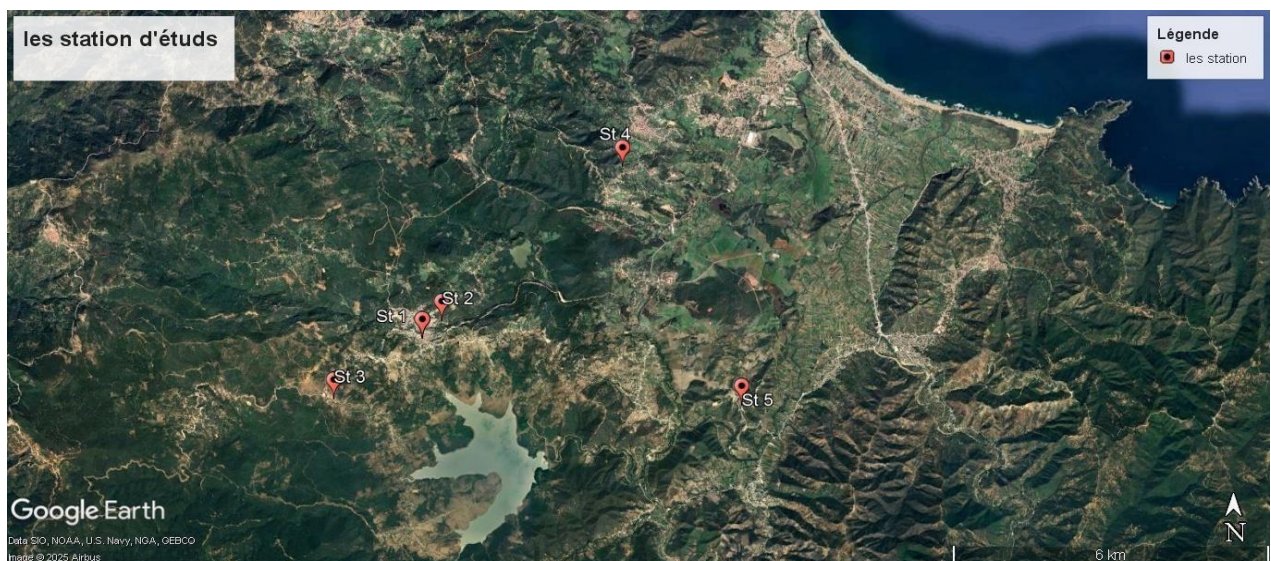


Figure 19 : carte géographique des stations d'étude correspond au site de Collo.

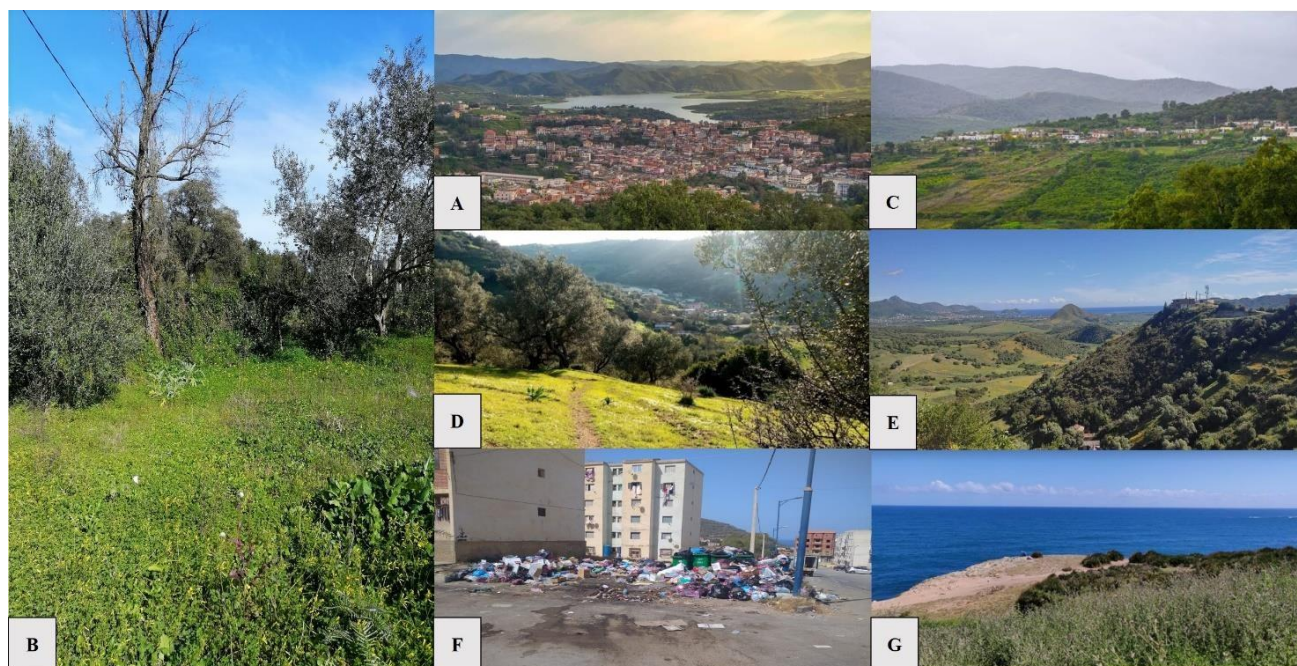


Figure 20 : Photo représente les différents stations de prélèvement d'échantillons : A. station Beni zid 1 ; B. station Beni zid 2 ; C. station Beni zid 3 ; D. station EL Hraiche E. station Beni zid 4 ; F. station EL Hadaiek ; G. station EL Marsa

1. LES PARAMETRE PHYSICO-CHEMIE DU SOL :

Le sol est caractérisé par ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Les interrelations entre ces différentes propriétés déterminent la capacité et les limites du sol pour assurer la fonction de support de biomasse, et conditionnent plus globalement l'utilisation des terres. Les paramètres définissant la physico-chimie des sols étudiés sont récapitulés dans le tableau (2), sont indiqués : le minimum, le maximum, la moyenne et les normes.

Tableau (2) : données statistiques des paramètres physico-chimiques des sols étudiés.

Paramètre	Minimum	Maximum	Moyenne
Ph	5.67	8.9	7.62
Conductivité (ms/cm)	50,5 ms/cm	280 ms/cm	185.28 ms/cm
MO (%)	4.45 %	15.26 %	9.28 %
L'humidité (%)	2.00 %	16.17 %	6.48 %

1.1. Le potentiel hydrogène pH :

L'appréciation des valeurs du pH des sols étudiés est effectuée sur la base des critères du SSDS (1993).

Tableau (3) : Les valeurs du pH.

stations	Valeurs du pH
1	8,41
2	6,52
3	5,67
4	8,29
5	7,89

6	8,12
7	8,5

Par définition, les sols à un pH inférieur à 7.0 sont considérés comme étant acides, on dit qu'ils sont alcalins lorsque le pH est supérieur à 7.0, et neutre lorsque le pH est égal à 7.0. L'examen des données du tableau (2) montre que le pH des sols étudiés oscille entre 5.67 et 8.50. La moyenne calculée pour les sols étudiés est de l'ordre de 7.62. La figure (18) montre que le pH présente une certaine homogénéité entre les différents points de prélèvements, il apparaît que les points 2, 3 présentent des valeurs légèrement plus bas que les autres points.

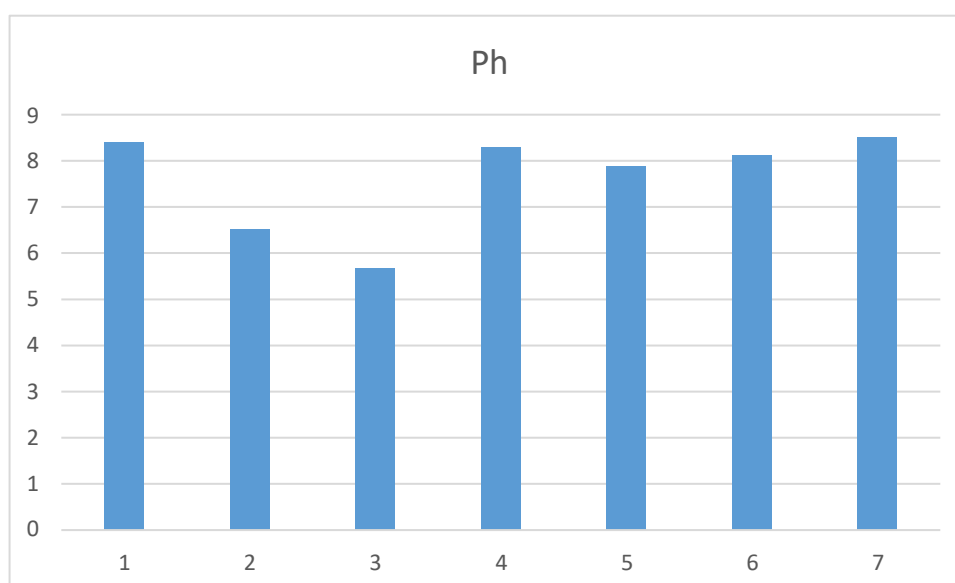


Figure 21: Histogramme représente les Variation spatiale du pH des sols étudiés.

Les résultats du pH montrent que la majorité des échantillons de sol sont alcalins ($pH > 7.8$). Ces derniers jouent un rôle important dans le maintien du pH des sols. Un seul échantillon est acide (station 3) et un autre légèrement acide (station 2).

1.2. La conductivité électrique ($\mu S/cm$):

Pour ce qui est de la conductivité électrique des sols étudiés, le minimum est de 50.5mS/cm et le maximum de 290mS/cm (tableaux 3). La moyenne est de l'ordre de 185.28mS/cm.

Tableau (4) : Les valeurs de la conductivité électrique ($\mu S/cm$).

stations	Valeurs de la conductivité électrique
1	232
2	50.5
3	256
4	102.1
5	86,4
6	280
7	290

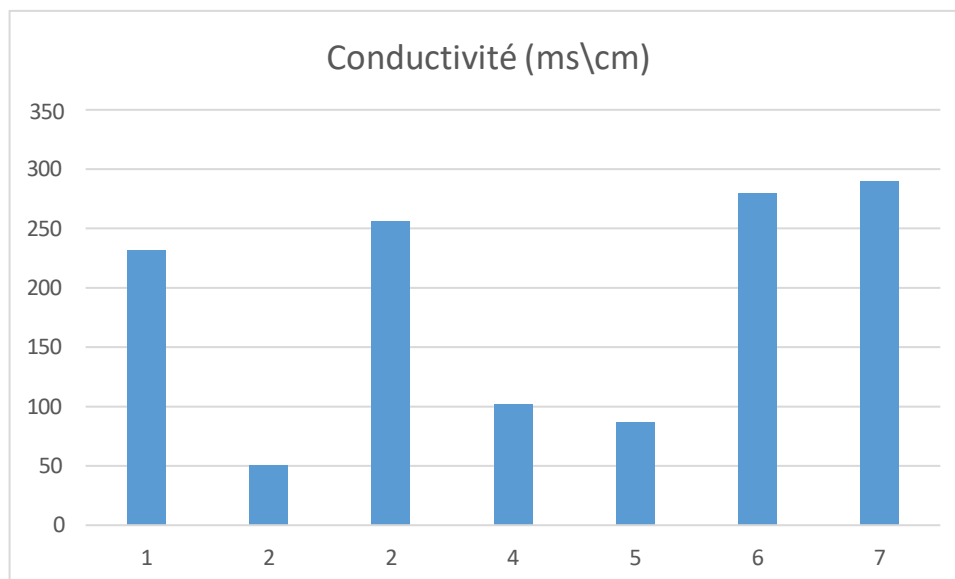


Figure 22 : Histogramme représente les Variations spatiales de la conductivité électrique des sols étudiés.

Sur la base des critères établis par le SSDS (1993), on peut conclure que nos sols sont très salins

1.3 L'humidité :

Tableau (5) : Les valeurs de l'humidité

stations	Valeurs d'humidité
1	3.03
2	9.03
3	16.17
4	7.62
5	4.43
6	2.00
7	3.09

On observe une **variation significative** des taux d'humidité entre les échantillons, ce qui indique une **hétérogénéité de l'humidité dans le sol**. Le taux le plus élevé est observé dans la station n°2 (terre agriculture) avec 16,17%, ce qui suggère une zone plus humide ou moins bien drainée. Le taux le plus bas est observé dans la station n°5 avec 2,00%, possiblement prélevé dans une zone bien ventilée ou à bon drainage. La moyenne générale de l'humidité est de 6,48%.

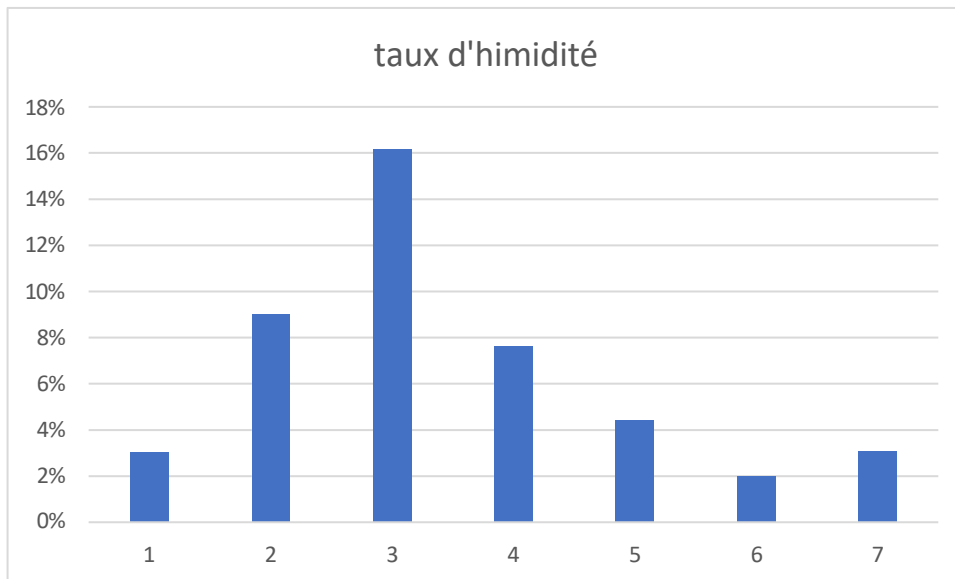


Figure 23 :Histogramme représent les taux d’humidité des sols étudié.

1.4 La matière organique (MO) :

Tableau (6) : Les valeurs de la MO

stations	Valeurs de la MO
1	4.45
2	6,91
3	8.74
4	7.24
5	7,09
6	9.00
7	15.26

Les résultats des analyses montrent une variation notable des teneurs en matière organique entre les sept échantillons étudiés, la teneur plus élevée et observé dans l'échantillon 7 avec 15,26 % et la teneur le plus bas observé dans l'échantillon 1 avec 4,45. tandis que la moyenne générale des teneurs en matière organique est de 8,39 %.

Selon les données le sol est **modérément fertile en matière organique.**

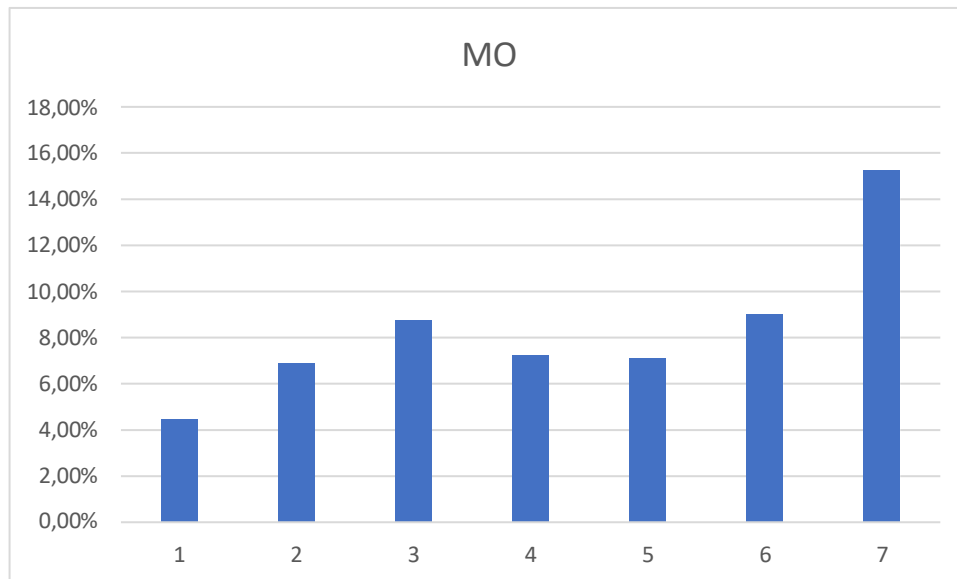


Figure 24 : Histogramme représente Variation spatiale des taux de la matière organique des sols étudiés.

2. IDENTIFICATION DES ESCARGOTS

Au cours des **30** sorties, nous avons prélevés **234** escargots, l'examen des escargots a permis d'identifier à l'aide de clé d'identifications (VIGIE -NATURE ECOLE) douze espèces :

- 1- **Helix pomatia** : *Helix pomatia*
- 2- **Bulime tronqué** : *Rumina decollata*
- 3- **Petite gris** : *Helix aspersa aspersa*
- 4- **Pomacea maculata** : *Pomacea maculata*
- 5- **Maillots**
- 6- **Calocochila cryptica** : *Calocochlia (Trachystyla) cryptica*
- 7- **Succinea putris** : *Succinea putris*
- 8- **Escargots des haies jardin et forêts** : *Cepaea nemoralis*
- 9- **Escargots mourgeta** : *Eobania vermiculata*
- 10- **Eobania vermiculata** : *Eobania vermiculata*
- 11- **Ceenuella vivigata** : *Cernuella virgata*
- 12- **Theba pisana** : *Theba pisana*

Tableaux (7) : Abondance et richesse spécifique des espèces :

N°	Espèce	Abondance	%
1	<i>Bulime tronqué</i>	86	29
2	<i>Petit-gris</i>	54	25
3	<i>Pomacea maculata</i>	34	16
4	<i>Helix pomatia</i>	29	14
5	<i>Calocochlia cryptica</i>	14	7
6	<i>Cerneuella virgata</i>	9	4
7	<i>Theba pisana</i>	3	1
8	<i>Maillots</i>	2	1
9	<i>Succinea putris</i>	2	1
10	<i>Escargot des bois</i>	2	1
11	<i>Escargot mourguéta</i>	1	1
12	<i>Eobania vermiculata</i>	1	0

a) Abondance en fonction de l'espèce :

Selon le tableaux nous remarquons que l'espèce *Bulime tronqué* est l'espèce la plus abondante (83individus) soit de 29% des individus prélevés, suivi par ordre de présence *Petit-gris* (54individus), *Pomacea maculata* (34individus) , *Helix pomatia* (29 individus) , *Calocochlia cryptica* (14individus), *Cerneuella virgata* (9 individus), *Theba pisana* (3individus), *Maillots*, *Succinea putris* , *Escargot des bois*(2 individus) et la moins rependue sot *Escargot mourguéta* et *Eobania vermiculata* seuls 1 individus ont été prélevé.

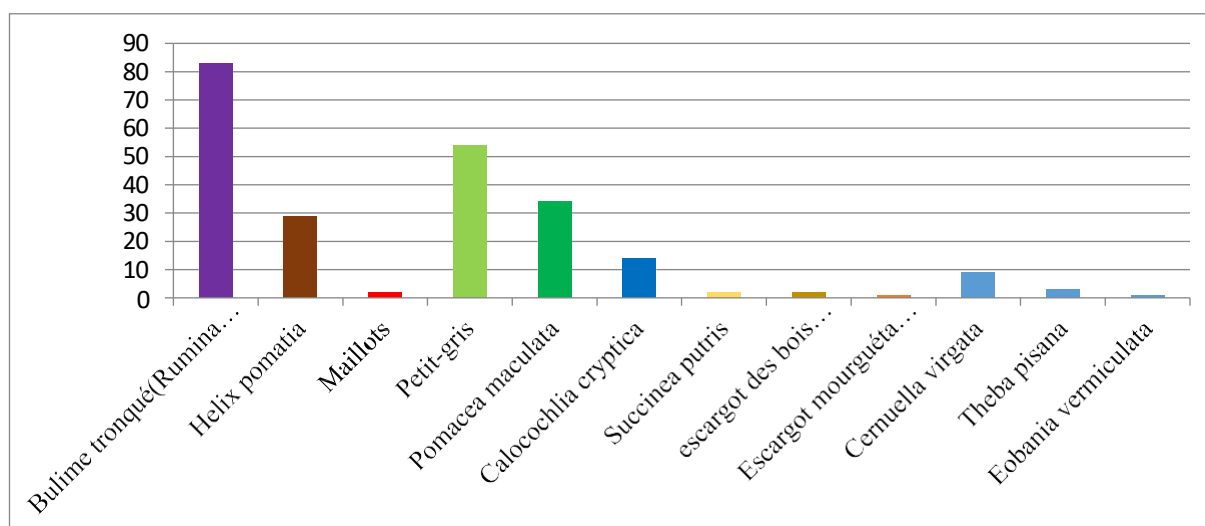


Figure 25 : Abondance des escargots sur les différents sites.

b) : Richesse spécifique :

Le nombre des escargots récoltés est 234escargots ; pour les pourcentages, ils sont de l'ordre de 29% *Bulime tronqué*, 25% *Petit-gris*, 16% *Pomacea maculata*, 14% *Helix pomatia*, 7% pour

Calocochlia cryptica et 4% *Cernuella virgata*, et 1% pour les espèces suivantes *Maillots*, *Succinea putris*, *Escargot des bois* *Theba pisana* *Escargot mourguéta* et enfin de 0% pour espèce *Eobania vermiculata* (figure 25).

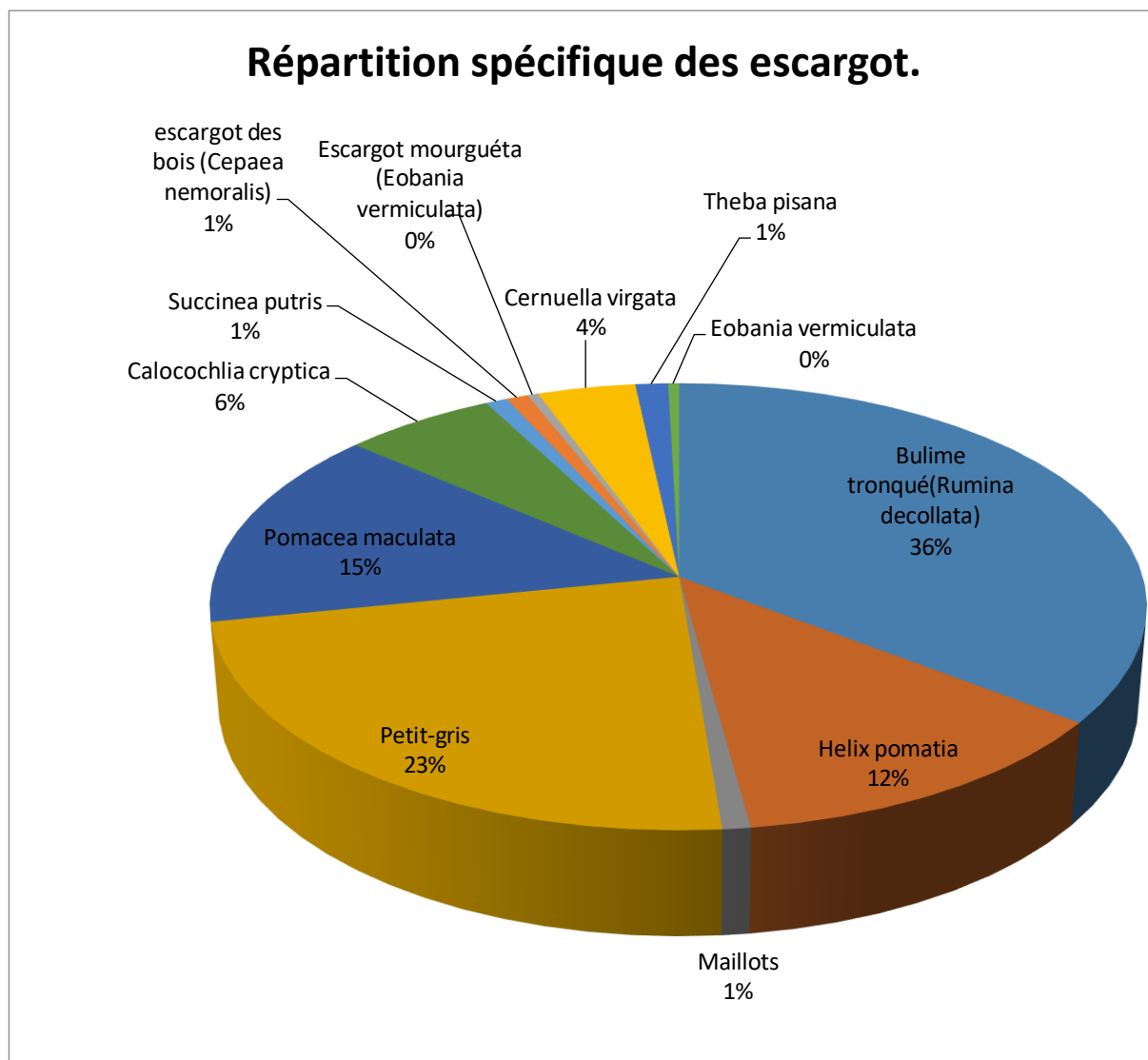


Figure 26 : Richesse spécifique et pourcentage des différentes espèces.

Tableau (8) : Caractérisation des espèces dans les trois sites d'étude.

Sites étudiés	Les espèces	Abondance
Site 1 Collo (189)	<i>Bulime tronqué</i>	45
	<i>Petit-gris (Helix aspersa)</i>	52
	<i>Pomacea maculata</i>	33
	<i>Helix pomatia</i>	28

	<i>Calocochlia cryptica</i>	14
	<i>Cerneuella virgata</i>	9
	<i>Theba pisana</i>	3
	<i>Maillots</i>	1
	<i>Succinea putris</i>	2
	<i>Escargot des bois</i>	2
	<i>Escargot mourguéta</i>	1
	<i>Eobania vermiculata</i>	1
Site 2 El Hadaeik(20)	<i>Bulime tronqué</i>	20
Site 3 El Marsa(25)	<i>Bulime tronqué</i>	21
	<i>Petit-gris</i>	2
	<i>Helix pomatia</i>	1
	<i>Pomacea maculata</i>	1



Bulime tronqué
(Rumina decollata)



Pomacea maculata



Petite gris

(Helix asperca)



Helix pomatia

Figure 27: Photos illustrant quelques escargots collectés au cours de l'étude.

2. LES ANALYSE DES ESCARGOTS :

Nous avons effectué sept analyses des escargots, prélevés dans 3 Sites (COLLO, EL HADAIEK, EL MARSA).

2.1. Observation :

L'étude a révélé une variation des couleurs résultant de la réaction des réactifs avec les métaux lourds chez les escargots, où chaque point étudié a présenté un schéma de couleurs unique qui varie en fonction du métal et de la zone, ce qui suggère une variation des concentrations en métaux lourds entre les différentes zones.

2.2. Les résultats d'analyse des métaux lourds dans les escargots :

Tableau (9): les teneurs moyennes des métaux lourds dans les escargots (mg/l).

	Moyenne	Max	Min	Norme dans 100 mg
Fer (Fe)	0,844	1,74	0,07	5mg/l
Chrome (Cr)	0,069	0,249	0,004	0,1mg/l
Zinc (Zn)	0,915	5,4	0,04	5mg/l
Cuivre (Cu)	1,151	5,55	0,01	3mg/l

2.2.2. Les teneurs en fer :

Tableaux (10): les teneurs en fer

Site	Les stations	Teneurs en Fer	La norme
Collo (1)	1	1.42	5mg/l
	2	0.43	
	3	0.89	
	4	0.07	
	5	0.18	
El Hadaiek (2)	6	1.74	
El Marsa (3)	7	1.18	

Ce graphique montrant les résultats de l'analyse du fer contenu dans les escargots dans sept sites différents, on remarque que les valeurs du fer sont élevées dans les points 1,6 et 7, et faible dans le point 4, et moyens dans les autres points, avec une moyenne générale de 0,844. On remarque que les valeurs du fer sont faibles par rapport à la norme admise qui 5mg/l (**journal officiel,1993**).

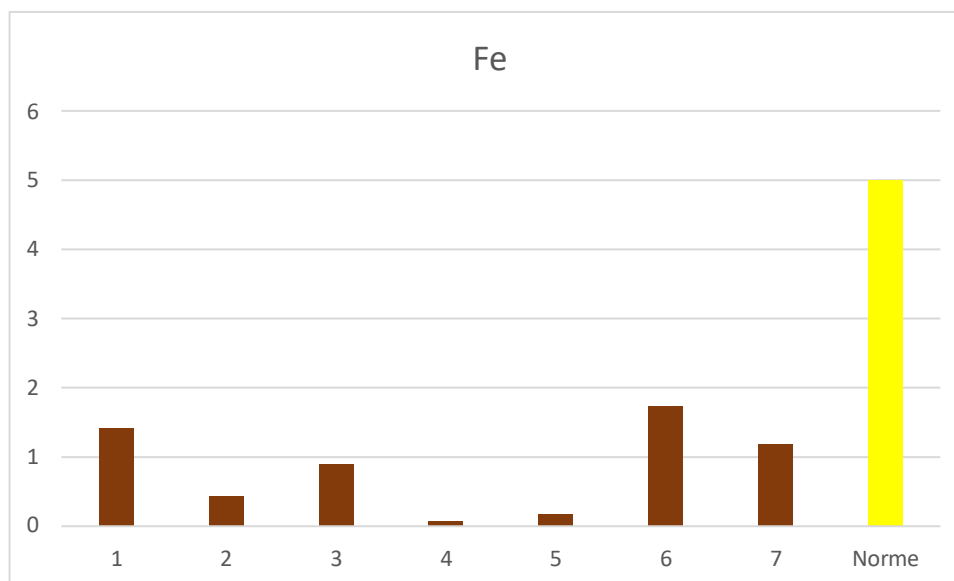


Figure 28 : Variation spatiale des teneurs en fer dans les escargots.

2.2.2. Les teneurs en Chrome :

Tableaux (11): les teneurs en Chrome

Site	Les stations	Teneurs en Chrome	La norme
Collo (1)	1	0.249	0.1mg/l
	2	0.031	
	3	0.055	
	4	0.004	
	5	0.0267	
El Hadaiek (2)	6	0.013	
El Marsa (3)	7	0.111	

Les teneurs moyennes de Chrome varient entre 0,004 mg/l et 0,249 mg/l at une moyenne de 0,069 mg/l. On remarque que les valeurs sont élevées aux points 1 et 7 et dépassent de loin la norme admise de 0,1mg/l (**journal officiel,1993**). Ce qui peut indiquer une pollution locale par le chrome et une possible présence de sources industrielles ou déchets métalliques.

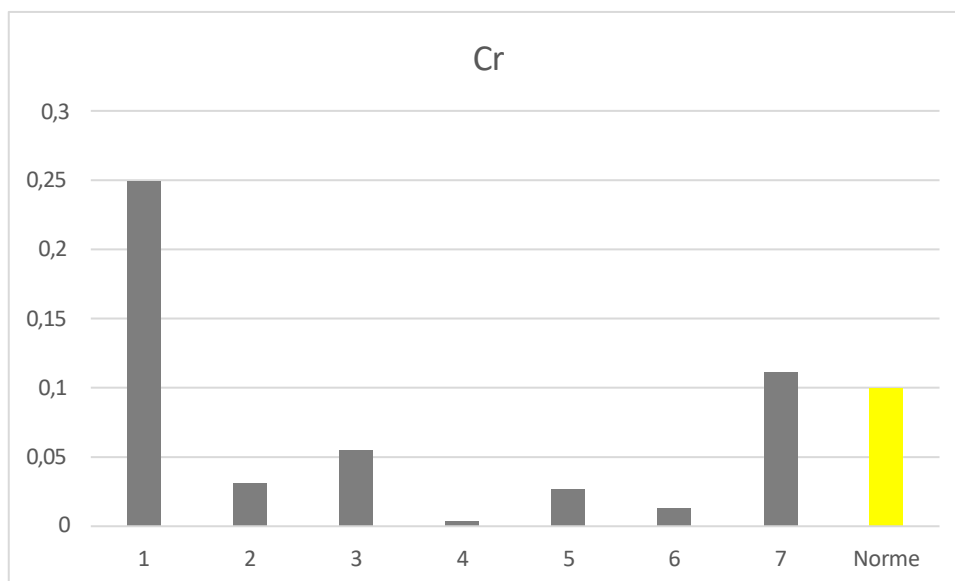


Figure 29 : Variation spatiale des teneurs en Chrome dans les escargots.

2.2.3. Les teneurs en Zinc :

Tableaux (12): les teneurs en Zinc

Site	Les stations	Teneurs en Zinc	La norme
Collo (1)	1	0.21	5mg/l
	2	0.03	
	3	0.17	
	4	0.04	
	5	0.14	
El Hadaiek (2)	6	0.42	
El Marsa (3)	7	5.4	

Les valeurs de cet élément varient dans les sept points entre 0,04 mg/l et 5,4 mg/l avec une moyenne de 0,915 mg/l. on remarque que les valeurs sont faibles, sauf une valeurs (point 7) qui a dépassé de loin la valeur admise de 5 mg/l, (**journal officiel,1993**). En raison de la présence d'activités urbaines, restaurants et des canaux de drainage des eaux.

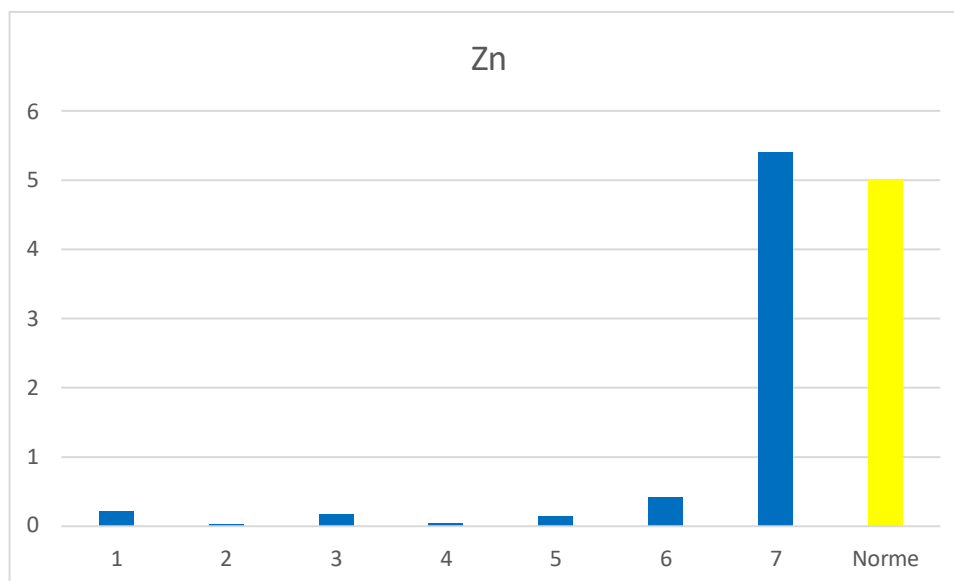


Figure 30 : Variation spatiale des teneurs en Zinc dans les escargots.

2.2.4. Les teneurs en Cuivre :

Tableaux (13): les teneurs en Cuivre

Site	Les stations	Teneurs en Cuivre	La norme
Collo (1)	1	0.16	3mg/l
	2	0.04	
	3	0.05	
	4	0.01	
	5	0.03	
El hadaiek (2)	6	5.55	
El marsa (3)	7	2.22	

On remarque que les valeurs de Cuivre sont variées entre 0,01mg/l et 5,5mg/l avec une moyenne de 1,151mg/l. la valeur au point 6 a dépassé de loin de la valeur admise 3mg/l (**journal officiel,1993**). En raison de la présence de engrais chimique, la pollution du sol par les eaux d'irrigation, et les déchets.

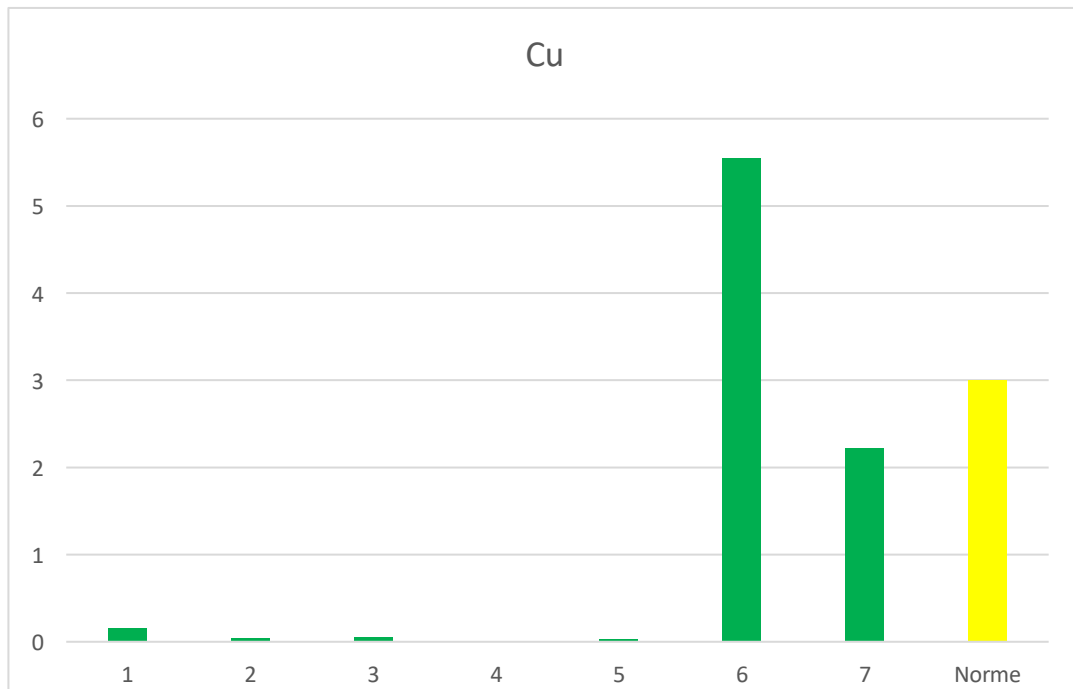


Figure 31 : Variation spatiale des teneurs en Cuivre dans les escargots.

CONCLUSION

CONCLUSION

Après avoir abordé les différents aspects liés à l'évaluation des sols ; il apparaît clairement que cette démarche joue un rôle fondamental dans la gestion durable des ressources naturelles et le développement agricole équilibré

Ce travail intitulé : contribution à l'évaluation des sols a été réalisé dans le but d'étudier les caractéristiques physico chimiques des sols de trois localités de la wilaya de Skikda : El marsa ; collo ; El hadaiek

Les analyses effectuées ont porté sur la mesure du PH ; conductivité électrique ; de la teneur en matière et de l'humidité ; en complément une analyse des métaux lourds : zinc ; chrome ; cuivre chez les escargots a été réalisée afin d'évaluer le niveau de pollution potentielle des sols à travers un bio indicateur

Les résultats obtenus ont révélé des différences notables entre les sols des trois zones :

L'étude montre une relative homogénéité du pH des sols, variant entre 5,67 et 8,50, avec une moyenne de 7,62. La conductivité électrique varie entre 50,5 et 290 mS/cm (moyenne : 185,28 mS/cm), traduisant une salinité modérée. Les sols présentent des teneurs en matière organique comprises entre 4,45 % et 15,26 % (moyenne : 8,39 %), et des taux d'humidité allant de 2 % à 16,17 % (moyenne : 6,48 %).

Concernant la faune malacologique, 234 individus représentant 11 espèces ont été recensés. Bulime tronqué domine largement (29 %), suivi par Petit-gris (25 %), Pomacea maculata (16 %), Helix pomatia (14 %) et quelques espèces marginales (1 % ou moins).

Les analyses chimiques révèlent des concentrations variables de métaux lourds. Le zinc oscille entre 0,04 et 5,4 mg/l (moyenne : 0,915 mg/l), avec un dépassement au point 7. Le cuivre varie de 0,01 à 5,5 mg/l (moyenne : 1,151 mg/l), dépassant la norme au point 6. Le chrome est compris entre 0,004 et 0,249 mg/l (moyenne : 0,069 mg/l), dépassant la norme aux points 1 et 7. Le fer reste modéré, avec une moyenne de 0,844 mg/l, sans dépassement des seuils réglementaires.

Concernant les escargots ; les analyses ont mis en évidence la présence de métaux lourds a des concentrations variables ce qui souligne l'intérêt de leur utilisation comme indicateur biologique de la qualité des sols

En conclusion cette étude a permis de démontrer l'hétérogénéité des sols entre les différentes régions étudiées ce qui appelle à une gestion différents et adaptée selon les potentialités et les contraintes locales

Nous recommandons la poursuite de recherches plus approfondies intégrant d'autres paramètres biologique hydrologique ; etc. Afin d'avoir une évaluation plus globale et précise de l'état des sols dans cette région

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

- **ANIREF (2013)** Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière Rubrique Monographie Wilaya. Wilaya de Skikda (14/10/2013).
- **ATLAS R., BARTHA R., (1992)**. Microbial ecology .Fundamentals and applications .3rd Edition, The Benjamin /Cumming Publishing Company, San Francisco California (USA), 563p.
- **ATSDR, 2004**. Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, GA, USA, 487 p.
- **Baath, E., 1992**. Measurement of heavy metal tolerance of soil bacteria using thymidine incorporation into bacteria extracted after homogenization-centrifugation. *Soil Biology and Biochemistry*, 24(11), 1167-1172.
- **Basta N., Ryan J., Chaney R., 2005**. Trace element chemistry in residual-treated soil. *Journal of environmental quality* 34(1):49-63.
- **BENGUEDOUAR, H. (2016)**. Utilisation des escargots comme indicateur de la contamination métallique des sols : cas de l'Helix aspersa. Diplôme de Master en Gestion Durable des Ecosystèmes et Protection de l'Environnement, Université des Frères Mentouri-Constantine, 52p.
- **BENYAHIA ET MAHDAOUL; (2012)**. La pollution des sols par les hydrocarbures
. Mémoire magister. Université Abderrahmane Mira de Bejaia, Algérie.
- **Bliefert C., et Perraud R., 1997**. Chimie de l'environnement : Air, Eau, Sols, Déchets. 1^{ère}éd. Espagne. 477p.
- **Bonnard N., Falcy M., Hesbert A., Jargot D., Pillière F., Schneider O., Serre P., 1998**. Plomb et composés minéraux, INRS, Paris, France, ISBN 2-7389-1392-X, 12 p.
- **CALVET J., (2003)**. Le sol propriétés et fonction. Ed Dunod, France, 456p.
- **CHAUDE J ET LECLE.RC., (1999)**. Ecophysiologie végétale ,283p.

- **CHASSIN., P, BAIZE., D, CAMBIER., PH, ET STERCCKEMAN., T, 1996.** Les éléments traces métalliques et la qualité des sols : impact à moyen et à long terme. Forum « le sol un patrimoine menacé? ». Paris (France). pp297-303.
- **Clément M., PIELTAIN F., (2003).** Analyse chimique du sol. Edition TEC&DOC ,387p.
- **Coeurdassier M. Saint-Denis M., gomot-de Vaufleury A., Ribera D., Badot P.M., 2001.** Is te cadmium uptake from soil important in bioaccumulation and toxic effects for snails? *Ecotoxicology and Environemntal Safety* 53,425-431.
- **Dallinger R., Berger B. et Gruber A. 1993** Quantitative aspects of zinc and cadmium binding in *Helix pomatia*: differences between an essential and a nonessential trace element. In: Dallinger R, Rainbow P, editors. *Ecotoxicology of Metals in Invertebrates*. Lewis Publ. Boca Raton, FL, USA, pp. 315-332.
- **Diffus J.H., 1980.** Environnement toxicology. Arnold. Pp68-76.
- **Druart C., Millet M., Scheifler R., Delhomme O., Raeppel C. et de Vaufleury A. 2011** Snails as indicators of pesticide drift, deposit, transfer and effects in the vineyard. *Sci Total Environ* ; 409:4280-4288.
- **DUCHAUFOR P., (2001).** Introduction à la science du sol : sol, végétation et environnement
.6^{ème} Edition DUNOD, Paris ,331p.
- **Edwards C.A., Subler S., Chen S.K. ET Bogomolov D.M. 1996.** Essential criteria for selecting bioindicator species, processes, or systems to assess the environmental impact of chemicals on soil ecosystems. In: van Straalen, N.M., Krivolutsky, D.A. (Eds). *Bioindicator Systems for Soil Pollution*. Kluwer, Amsterdam, The Netherlands, p. 67-84.
- **Gimbert, F., de Vaufleury, A., Douay, F., Scheifler, R., Coeurdassier, M., Badot, P.M., 2006.** Modelling chronic exposure to contaminated soil: a toxicokinetic approach with the terrestrial snail *Helix aspersa*. *Environment International* 32, 866-875.
- **Guemari D et Debbech B, (2017).** Utilisation des réservoirs aquifères dans une région humide (cas de la wilaya de Skikda). Thèse de master, Université de Echahid Hamma Lakhdar, EL-Oued.
- **HALITIM A., (1988).** Les sols des régions arides d'Algérie. Edition.O. P. U, Alger, 384p.
- **HENIN S., Gras R ET Monnier G., (1969).** L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques. Edition Masson et Cie, paris ,332p
- **Hezzat H., 2011.** Etude critique des differents moyens de depollution et de

prevention contre la pollution des eaux et des sols. Mémoire de master en hydraulique ,27 p.

- **Hopkin S.P. 1993.** In situ biological monitoring of pollution in terrestrial and aquatic ecosystems. In: Calow P (Ed). Handbook of ecotoxicology. Blackwell, Oxford, p. 397- 427
- **HILLEL D., (1984)** -l'eau et le sol. Principe et processus physique. Ccobaye, libraire-éditeur, Louvain la neuve, p288.
- **HUBER R., (2011).** Origins: Spéculations on the cosmos, Earth and mankind, p 224.
- **Huynh., 2009.** Impact des métaux lourds sur l'interaction plantes/ verre le terre/ microfloretellutrique thèse de Doctorat. Univ-Paris Est p169.
- **JEANNOT, R., LEMIERE B., CHIRON S. AUGUSTIN F. ET DARMENDRAIL D., 2000.** Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. France. 134p
- **Kabata-Pendias A., 2011.** Trace Elements in Soils and Plants, 4th ed. CRC Press LCL, Boca Raton, Floride, USA, 505 p.
- **KESSEL J., (2015).** OR6-001-S100A12 as pro-inflammatory Art, 2p.
- **Laperche V., Dictor M., Closel-Leloup B., Baranger P., 2004.** Guide méthodologique du plomb appliqué à la gestion des sites et des sols pollués. Étude réalisée dans le cadre des opérations de services publics du BRGM 2003-POLA06 et de la convention d'étude BRGM MEDD/DPPR-BRGM CV 030000012. BRGM/RP-52881-FR, France, 138 p.
- **LARBA, R. (2014).** Bio-surveillance de l'environnement dans la région Est : mesure de biomarqueurs chez *Helix aspersa* et corrélation avec les caractéristiques physico- chimiques des sols. Thèse de Doctorat en Physio-Toxicologie, Université Badji Mokhtar d'Annaba, 105p.
- **Laskowski R. et Hopkin S.P. 1996.** Effect of Zn, Cu, Pb, and Cd on fitness in snails (*Helix aspersa*). *Ecotoxicology and Environmental safety* 34,59-69.
- **Leoz-Garziandia E., Bocquet N., Marilere M., Lacroix G., 2000.** Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans l'air ambiant. INERIS -

Laboratoire centrale de surveillance de la qualité de l'air, France, 50 p.

- **Loué A., 1993.** Oligo-éléments en agriculture. Ed. Nathan, p45-177.
- **Mijno V., 2007.** Modifications de la composition de déchets métallifères, miniers et industriels, stabilisés par liants hydrauliques et soumis à des tests de lixiviation. Thèse de Doctorat. Université de Limoges. 145p.
- **Miquel G.,2001.** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Paris, France, 336 p.

- **Mir S, 2016.** Etude de contamination du plomb et du zinc dans les céréales cultivées dans la région de Sebdou (Tlemcen). Mémoire de master en pathologie des écosystèmes. 3p.
- **Nowak C., Mossmann J., Saada A., 2003.** État des connaissances sur l'atténuation naturelle : mécanismes et mise en œuvre. BRGM/RP-51960-FR. Étude réalisée dans le cadre des actions de Service public du BRGM 2001-01POL-318.
- **Pengyan Z., Chengzhe Q., Xin H., Guohua K., Mingzhou Q., Dan Y., Bo P., Yanyan L., Jianjian H., Richard PD., 2018.** Risk assessment and source analysis of soil heavy metal pollution from lower reaches of Yellow River irrigation in China. *Science of the Total Environment*, 633, 1136-1147.
- **Pierre M., 2000.** Pollution Atmosphérique : Causes, Conséquences et Solutions. Ed. Ellipses, Paris, 213p.
- **PREVOST G., (2006).** La pierre sculptée ,640p

- **Qi W., Zhiyi X., Fangbai L., 2015.** Using ensemble models to identify and apportion heavy metal pollution sources in agricultural soils on a local scale. *Environmental Pollution*, 206, 227-235.

- **QUENEA K., 2004.** Etude structural et dynamique des fractions lipidiques et organiques réfractaires de sols d'un chrono séquence forêt /maïs (CESTAS, sud-ouest de la France). Thèse de Doctorat, Université de Paris 6 (France).
- **Rong J., Meie W., Weiping C., Xuzhi L., 2018.** Ecological risk evaluation of combined pollution of herbicide siduronandheavy metals in soils. *Science of the Total Environment*, 626, 1047-1056.
- **Shixue W., Xinran L., Min L., Xing C., Sai L., Chenga L., Xianbiao L., Ye**

- L., 2018.** Sources, influencing factors and environmental indications of PAH pollution in urban soil columns of Shanghai, China. *Ecological Indicators*, 85, 1170-1180.
- **SMIDA, R., & TOUALBIA, K. (2016).** L'étude de l'hépatotoxicité de deux molécules Nanométriques Chez Un Bioindicateur De Pollution Helix Aspersa. Mémoire De Master en Toxicologie : Xén-biotiques et Risque Toxicologique, Université de Larbi Tébessi – Tébessa, 100 p.
 - **Spellerberg I-F. 2005.** Monitorig ecological change. Second Edition, Cambridge University Press, Cambridge, England, 410p.
 - **SSDS- Soil survey Division Staff. 1993.** Examination and description of soils: In: Soil survey Manual. Agricultural Handbook 18, chapter 3.

 - **Wenyou H., Huifeng W., Lurui D., Biao H., OleK B., Hans Christian BH., Yue H., Peter E., 2018.** Source identification of heavy metals in peri-urban agricultural soils of southeast China: An integrated approach. *Environmental Pollution*, 23, 650-661.
 - **Yarlagadda P., Matsumoto M., VanBenschoten J., Kathuria A., 1995.** Characteristics of Heavy Metals in Contaminated Soils. *Journal of Environmental Engineering* 121(4):276-286.

Webographie

ISO: <http://www.iso.ch>