

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحي-جيجل

Université Mohammed-Seddik Benyahia-Jijel

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques



قسم علو

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : Master Académique

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Phytopharmacie appliquée

Thème

*Evaluation de la contamination par les ETMs de
certains fertilisants utilisés dans la culture de fraises
dans la région de Jijel*

Présenté par :

-khesrani sarah

- Mimoune Chahla

Membres de jury:

Président : Mr Boudjlal.F

Examineur: Mr Krika.A

Encadreur: Mr Leghouchi .E

Session : **Juin2018** Numéro d'ordre:



Remerciement

En premier lieu, nous remercions Dieu, le tous puissant, pour nous avoir donnée la patience, la volonté et la force nécessaire pour terminer ce travail.

Nous tenons d'abord à remercier notre promoteur Mr leghouchi Essaid pour sa patience, sa disponibilité, ses conseils et aussi pour son encouragement.

Nous tenons à remercier l'ensemble des membres du jury qui nous fait l'honneur en acceptant de juger notre travail.

Nous remercions également tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant nos cinq ans d'étude.

Nous remercions aussi tous les ingénieurs de laboratoire de l'écotoxicologie de l'université de Jijel pour leur aide.

Ainsi que Mr Bensouhali Boualem Expert Agronome pour sa disponibilité, son orientation et son aide importante.

En fin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin à réaliser ce travail.

Sarah et Chahla





Dédicace :

A celle qui a consacré sa vie et souffert pour veiller à mon bien être

A ma chère mère « Nacira »

A Mon cher père « Djemal »

A mes chères sœurs : Djihane et Chahinez

Ma nièce : mélina

Mon neveu : zaki

Et à toute ma famille

A ma chère amie et sœur : Selma

Ma chère binôme : Chahla

Ainsi que les autres amies qui ont contribué de près et de loin.

A mes collègues de travail : Dr Assia, Dr Samira.

*Pour votre patience, votre soutien, pour tout les bons moments passés,
ceux qui restent à venir.....*





Dédicace :

Je dédie ce travail à:

Ceux qui ont consacré leur vie pour veiller à mon bien être, à la source de ma réussite à ma chère mère « fatiha », et mon cher père « Abdelatif » pour leurs sacrifices.

Mes chères sœurs : Sabrina, Nour elhouda , Lina.

Mes chers frères : Wail, Abdoussalem

A ma nièce : Assil

Et à toute ma famille

Mes amies : Rima, Meryeme et Aicha.

A ma chère binôme : Sarah



Liste des tableaux

Tableau (1) : Production mondiale de fraises pour l'année 2017.

Tableau (02): Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement.

Tableau (03): Les échantillons d'engrais retenus.

Tableau (04) : utilisation et doses d'emploi d'engrais 15.15.15.

Tableau (05) : utilisation et doses d'emploi d'engrais 18.44.00.

Tableau (06) : utilisation et doses d'emplois d'engrais 16.08.24.

Tableau (07): Conditions particulières d'analyse pour la détermination des éléments traces dans les solutions d'engrais inorganique.

Tableau (08) : Occupation des terres dans la wilaya de Jijel.

Tableau (09) : Production des maraichères /ha dans la région de Jijel.

Tableau (10) : superficie de la culture de la fraise sous serre/ sous tunnel voir le tableau ci-dessous.

Tableau(11) : Les engrais utilisés dans la wilaya de Jijel.

Tableau (12) : Recommandations des fertilisants appliqués pour la culture de la fraise.

Tableau (13) : besoin de la fraise en éléments fertilisants pour un rendement de 30 t/ha.

Tableau (14) : Répartition de la culture de la fraise par commune dans la région de jijel.

Tableau 15 : Concentrations totales des métaux lourds dans l'engrais E1 (16.08.24)

Tableau (16) : Concentrations totales des métaux lourds dans l'engrais E2 (15.15.15).

Tableau (17) : concentration totale des métaux lourds dans l'engrais E3 (30.10.10)

Tableau (18) : Concentrations totales des métaux lourds dans l'engrais E4 (18.44.00)

Tableau (19): variation des concentrations moyennes totales en zinc par les quatres différentes engrais .

Tableau (20) : Variation des concentrations moyennes en cadmium dans les fertilisants étudiés.

Tableau (21) : Variations des concentrations moyennes en cuivre dans les fertilisants étudiés.

Liste de figures

- Figure 01** : Schéma d'une coupe longitudinale dans le fruit de la fraise.
- Figure 02** : photos de la fraise variété Sabrina (Kanar/Jijel)
- Figure 03**: Culture de la fraise sous serre et sous tunnel.
- Figure 04** : Sources de contamination des sols par les métaux lourds.
- Figure 05** : l'appareil de la spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA), Laboratoire de Biologie, Université de Jijel .
- Figure 06** : Rapport entre la superficie fraise et maraichage pour l'année 2017.
- Figure 07** : la culture de la fraise sous serre et sous tunnel.
- Figure 08** : Évolution du rendement de la fraise (2002 - 2018).
- Figure 09** : la carte de la répartition de la fraise par commune .
- Figure 10** : Concentrations du Cd, du Cu et du Zn dans l'engrais E1 (16.08.24).
- Figure 11** : Concentrations de Cd, de Cu et de Zn dans l'engrais E2 (15.15.15).
- Figure 12** : Concentrations de Cd, de Cu et de Zn dans l'engrais E3 (30.10.10).
- Figure 13** : Concentrations de Cd, de Cu et de Zn dans l'engrais E4 (18.44.00)
- Figure 14** : Variations des concentrations moyennes en zinc dans les fertilisants étudiés.
- Figure 15** : Variations des concentrations moyennes en cadmium dans les fertilisants étudiés (en mg/kg).
- Figure 16**: Variation des concentrations moyennes totales en cuivre par les quatre différents engrais (mg/kg).
- Figure 17** : Représentation des variables (Cd, Zn, Cu) dans le plan factoriel F1 et F2.
- Figure18** : Représentation graphique des 04 engrais dans le plan factoriel F1 et F2.

Liste d'abréviation

Al : aluminium

As : arsenic

B : bore

Cd : cadmium

Cr : chrome

Cu : cuivre

D.C.M : direction de culture maraichère.

ETM : élément trace métallique.

EX DAS : Ancien domaine agricole spécialisé.

FAO : Organisation des nations unie pour l'alimentation et l'agriculture.

Fe : fer

Hg : mercure

K : potassium

Mmhos/cm : unités américaine utilisée pour la conductivité .

Mn : manganèse

Mo : molybdène

N : Azote

ND : Non disponible

Ni : nickel

NPK : Azote Phosphore potassium

P : phosphore

Pb : plomb

SH : système harmonisé

Sn : Etain

Sr: strontium

V : Vanadium

Zn : Zinc

Qx: Quantum

Sommaire

Dédicace.

Remerciement.

Liste des tableaux.....	I
Liste des figures.....	III
Liste d'abréviations.....	IV
Sommaire.....	VI
Introduction.....	01

Chapitre I : Généralité sur la fraise

I.1. Présentation Botanique de la fraise.....	03
I.2. Culture de la fraise.....	04
I.3. Exigences de la culture de fraises	05
I.3.1. Exigences édaphiques.....	05
I.3.2. Exigences climatiques	05
I.3.3. Exigences hydriques.....	05
I.3.4. Exigences nutritives.....	05
I.4. Mode de conduite de la culture de la fraise.....	06
I.4.1. Densité et qualité du sol.....	06
I.4.2. Densité de plantation.....	06
I.4.3. Fertilisation.....	06
I.5. Production Mondiale de la fraise.....	07
I.6. Culture et production de la fraise en Algérie.....	07
I.6.1. Historique de la culture de fraises en Algérie	07
I.6.2. Variétés de fraises cultivées en Algérie.....	08
I.6.3. Production de la fraise en Algérie.....	08
I.7. Contamination de la fraise par les métaux lourds	09

Chapitre II: Métaux lourds et engrais

II.1. Les métaux lourds.....	10
II.1.1. Définition des métaux lourds.....	10

II.1.2.Origine de la contamination des sols par les métaux lourds.....	10
II.1.2.1.Sources naturelles.....	10
II.1.2.2.Sources anthropiques.....	11
II.1.3. Rôle des métaux lourds.....	13
II.1.4.Mobilité et biodisponibilité des métaux lourds.....	14
II.1.5.Bioaccumulation.....	14
II.1.6.Phytotoxicité par les métaux lourds.....	14
II.1.7.Les métaux lourds étudiés.....	15
II.1.7.1. Le cadmium.....	15
II.1.7.2. Le cuivre.....	15
II.1.7.3. Le zinc.....	16
II.2. Les engrais.....	18
II.2.1.Définition des Engrais et des Nutriments.....	18
II.2.2. Types d'engrais.....	18
II.2.2.1.Les engrais chimiques ou minéraux (origine minérale).....	
II.2.2.2.Les engrais organiques (origine animale ou végétale, de synthèse : l'urée)	18
II.2.2.3.les engrais organo-minéraux (mélange des deux premiers types).....	19
II.2.3. Rôle des principaux éléments constituant les engrais.....	19
II.2.4.Classification des engrais (Codes SH):Qu'est-ce que le Système Harmonisé?	20
II.2.4.1. Que sont les codes SH?	20
II.2.5. Rôle des engrais.....	21
II.2.6.Contamination des engrais par les métaux lourds.....	21
II.2.7. Les effets néfastes des engrais sur l'environnement	

Chapitre III : matériels et méthodes

III.1. Echantillonnage des engrais inorganique.....	24
III.2. Les engrais retenus.....	24
III.2.1. L'engrais de fond : NPK + SO ₃ : (15.15.15 +20).....	24
III.2.1.1. Composition.....	24
III.2.1.2. Caractéristiques.....	25
III.2.1.3. Utilisations et doses d'emploi.....	25
III.2.2. L'engrais NPK : (18.44.00).....	25
III.2.2.1. Composition.....	25

III.2.2.2. Caractéristique.....	25
III.2.2.3. Utilisation et doses d'emploi.....	26
III.2.3. L'engrais NPK +SO ₃ (16.08.24 +20).....	26
III.2.3.1. Composition.....	26
III.2.3.2. Caractéristique.....	27
III.2.3.3. Utilisations et doses d'emplois.....	27
III.2.4. L'engrais NPK (30 10 10).....	27
III.2.4.1. Composition.....	27
III.2.4.2. Caractéristiques.....	28
III.2.4.3. Utilisation.....	28
III.3. Travail au laboratoire.....	28
III.3.1. Prétraitement des échantillons d'engrais pour l'analyse.....	28
III.3.1.1. Environnement analytique.....	28
III.3.2. Préparation des engrais chimiques.....	29
III.3.2.1. Homogénéisation.....	29
III.3.2.2. Solubilisation des engrais d'étude.....	29
III.3.2.3. Digestion acide.....	29
III.3.2.4. Détermination des éléments traces métalliques.....	29
III.4. Principe de la spectrophotométrie d'Absorption Atomique (S.A.A)	30
III.4.1. Principe.....	30
III.5. Préparation des étalons.....	30

IV. Résultat et Discussion

IV.1. Etat de la culture de la fraise dans la wilaya de Jijel.....	32
IV.1.1. Données agronomiques.....	32
IV.1.2. Culture de la fraise.....	33
IV.1.3. Utilisation des engrais chimiques.....	34
IV.1.3.1. Principaux engrais utilisés dans la culture des maraichères.....	34
IV.1.3.2. Utilisation recommandée dans la culture de la fraise.....	35

IV.1.3.2.1. Engrais minéraux.....	35
IV.1.3.2.2. Engrais organiques.....	36
IV.1.4. besoin en éléments fertilisants pour un bon rendement.....	36
IV.1.5. Évolution de la culture de la fraise période 2002 à 2018.....	36
IV.1.6. Répartition de la culture de la fraise par commune.....	37
IV.2. Evaluation de risque de contamination des fertilisants (engrais chimiques) par les ETM.....	39
IV.2.1. Identification et dosage des éléments trace métalliques (ETMs) dans les fertilisants.....	39
IV.2.1. 1. Engrais 16.08.24 (E1).....	39
IV.2.2.2. Engrais 15.15.15 (E2).....	40
IV.2.1..3. Engrais 30.10.10 (E3).....	41
IV.2.1.4. Engrais 18.44.00 (E4).....	42
IV.2.2. Comparaison des teneurs moyenne des ETMs totales dans les formulations des fertilisants étudiés.....	43
IV.2.2.1. Zinc.....	43
IV.2.2.2. Le cadmium.....	44
IV.2.2.3. Le cuivre.....	45
IV.3. Analyses en composantes principales (A.C.P).....	47

Conclusion

Introduction

La région de Jijel maintient la première place nationale dans la production de la fraise. Un développement important de la culture de la fraise dans ces dernières années dans cette région, où plus de quatorze variétés sont actuellement cultivées. La superficie allouée au développement est passée de quatre (4) ha durant la saison 2001-2002 à 323 ha durant la campagne agricole 2014-2015, la culture de fraises-cultivées dans plusieurs communes, à titre d'exemples :Sidi Abdelaziz, l'Ansar,El-Kenar, El Aouana, Djamaa Bani Habibi , Emir Abd elkader, etc..(Anonyme, 2018)

Par ailleurs, la culture de la fraise exige l'analyse du sol préalablement donnant l'explication de l'utilisation de nombreux types d'engrais minéraux ou organiques disponibles sur le marché (Fert'ill, 2003). Les engrais sont des éléments essentiels, appelés les principaux nutriments : azote (N), phosphore (P), potassium (K), nutriments secondaires, calcium (Ca), soufre (S), magnésium et les oligo-éléments. Les plantes ont besoin de quantités relativement importantes d'éléments essentiels. On dit que c'est nécessaire parce que la plante ne peut pas compléter son cycle de vie en son absence (Bissonnette, 2000). Les cycles biogéochimiques sont affectés par les phénomènes naturels et les activités humaines surtout dans le domaine de l'agriculture tels que l'utilisation des fertilisants, des engrais, etc. Les principaux contaminants pouvant être impliqués dans le phénomène de pollution chimique des sols sont les éléments métalliques (ETM: cuivre, zinc, plomb et cadmium). Les ETM sont des matériaux non biodégradables, ils causent donc une forte pollution de l'air et du sol (Ban ghnaya et al, 2013).

Pour toutes ces raisons nous allons évaluer le risque de la contamination métallique par les ETMs (Zn, Cu, Cd) dans les engrais les plus utilisés dans la culture de la fraise dans la région de Jijel, et mettre en évidence leurs effets sur l'environnement et la santé.

Cette problématique faisant l'objet du sujet de ce mémoire dont l'étude se structure en deux parties interdépendantes :

- La première partie consacrée à une synthèse bibliographique, constituée de deux chapitres. Le premier abordera des généralités sur la fraise et leur production et le deuxième portera sur les métaux et les engrais.

- Une seconde partie consacrée au travail pratique, constituée de deux chapitres, le premier traitera le matériel et les méthodes utilisées et le deuxième est réservé aux résultats et discussion.
- Enfin on termine par une conclusion et des recommandations.

Chapitre I : Généralité sur la fraise

Les conditions pédoclimatiques de certaines régions d'Algérie permettent aisément l'implantation et le développement de la culture maraîchère en général et la culture du fraisier en particulier. Le mode de production de ce dernier peut être aussi bien en plein-champ que sous abris plastiques (serres ou petit tunnels) pour des productions centrées sur le mois de Mars pour les serres et le mois d'Avril pour le plein champ.

I.1. Présentation Botanique de la fraise

Ce sont des plantes herbacées vivaces, formant une touffe basse haute de 5 à 40 Cm selon les espèces.

La plante émet de nombreux rameaux horizontaux allongés portant des bourgeons de place en place. Couramment appelé gourmands, ces rameaux sont des stolons, qui émettent des racines adventives au niveau des feuilles et s'enracinent pour former de nouveaux pieds. Les feuilles de la base sont trifoliolées, dentées, plus ou moins poilues (CIDES, 2000).

Le fruit qui botaniquement est un faux-fruit est formé par l'ensemble du réceptacle charnu de la fleur. Il a une couleur rouge ou jaune blanchâtre selon les variétés, et une forme ovoïde oblongue plus ou moins arrondie (Fig. 01) (Lucas et Vincenot, 2006).

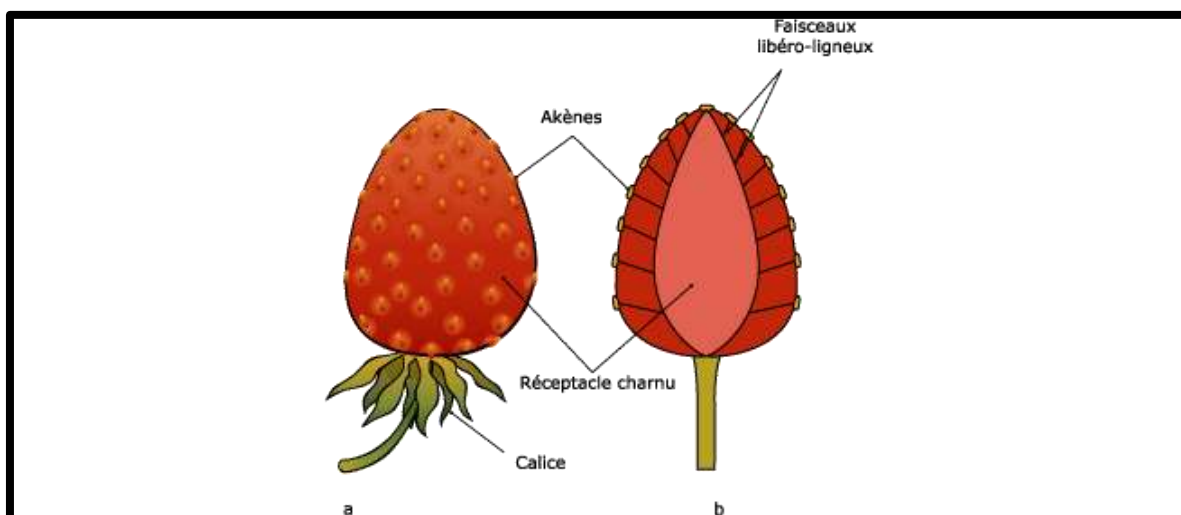


Figure 01 : Schéma d'une coupe longitudinale dans le fruit de la fraise (Anonyme, 2018).



Figure 02 : photos de la fraise variété Sabrina (El-Kenar/Jijel).

I.2. Culture de la fraise

Depuis quelques années, la culture de la fraise (sous tunnel) est en forte progression dans les plaines côtières. Le succès de la production de la fraise s'explique par sa rentabilité (Anonyme, 2014).

La culture du fraisier se fait sous grandes serres ou sous de petits tunnels. Cette dernière est plus économique. La culture sous serres a pour but la précocité et la protection par rapport à certains aléas climatiques. Plus un abri est large, plus la production est précoce (ainsi des fraisiers sous grandes serres seront toujours plus précoces que ceux sous petits tunnels) (CIDES, 2000).



Figure 03: Culture de la fraise sous serre et sous tunnel.

I.3. Exigences de la culture de fraises

I.3.1. Exigences édaphiques

- Sols léger, frais, perméable, bien ameubli, légèrement acide ou neutre et surtout riche en humus (**DSA, 2018**).
- Sols silico –argileux y conviennent parfaitement bien
- Ph compris entre 6 à 6,5.
- Salinité : sensible 2 à 3 mm/hos par cm .
- Taux de calcaire **inférieur à 5%** (**IPVW, 2018**).

Et d'autres caractéristiques physico-chimiques telle que la résistivité pour connaitre le risque de salinité (**Anonyme, 2018**).

I.3.2. Exigences climatiques

- Craint les climats secs et les hautes températures.
- Le climat tempéré s'avère idéal.
- Très exigeant en froid (environ un cumul de 500 heures nécessaire pour mieux produire).
- Peut –être cultivé jusqu'à 2000 mètres d'altitude.
- **6°C** Cause des dégâts partiels au niveau de la reprise des plants
- - 0 à -2 ° Cause des dégâts partiels au niveau des fleurs
- Les températures : de 10 à 13 °C de nuit et 18 à 20 °C de jour, optimales de croissance (**IPVW, 2018**).

I.3.3. Exigences hydriques

Très exigeant en eau de 6000 à 9000 m³/ha, équivalent 600 à 900 mm de pluviométrie.

- Une insuffisance en eau engendre une réduction de l'absorption du phosphore et de la potasse, diminuant ainsi la production.

Laisser le sol humidifié pour limiter les attaques d'araignées rouge (**IPVW, 2018**).

I.3.4. Exigences nutritives

- Très exigeante en fumure organique à apporter 2 à 3 mois avant plantation

- constitué de 40-60 T/ha.
- Fumure minérale de fond (N-P-K) est constituée de 50 kg/ha de N + 100 kg/ha de P2O5+ 100 kg/ha de K2O.
- La fumure d'entretien plus équilibrée et surtout fractionnée (IPVW, 2018).

I.4. Mode de conduite de la culture de la fraise

La plupart des variétés de fraisier sont auto-fertiles, cependant, la pollinisation par les insectes est importante, l'utilisation des bourdons est jugée utile pour l'obtention de fruits plus gros, de meilleure qualité et une récolte abondante (ACI, 2017).

I.4.1. Densité et qualité du sol

Les fraisiers ont besoin d'un sol fertile, humifère, sableux, une teneur modérément élevée en matière organique est souhaitable avec un Ph optimal devant se situer entre 6,0 et 6,5. Le sol doit être drainé, pour une bonne installation des plants de fraisiers, eu égard à la faible profondeur des racines. Une très forte acidité ou un excès de sel engendrent une mauvaise croissance. Le fraisier a des racines peu profondes et tolère peu les sels (ACI, 2017).

I.4.2. Densité de plantation

Une densité de plantation des plants de fraisiers varie selon le mode de conduite en serre et se présente comme suit :

- 57500 à 60000 plants / ha sous serre.
- 55000 à 6000 plants / ha sous serre (CAW, 2018).

I.4.3. Fertilisation

En matière de fertilisation, comme il a été annoncé, la culture de la fraise est très exigeante en matière organique à apporter deux (2) à trois fois avant l'installation de la culture.

Les besoins en éléments nutritifs se présentent comme suit :

- 150 unités de N/ ha
- 80 unités de P/ ha
- 100 unités de K/ha

Complété par fumure d'entretien, il convient de noter que dans une tonne de fraise, la consommation en éléments nutritifs est de l'ordre de :

- 1 kg d'azote (N),
- 0.5 kg de phosphate (P2O5),
- 2 kg de potasse (K2O),
- 0.3 kg de calcium (CAO),
- Et 0.2 kg de magnésie (MgO) (Kolai, 2018).

I.5. Production Mondiale de la fraise

La production mondiale de la fraise est estimée à un peu plus de 4.3 millions de tonnes de fraises par an. Elle est concentrée sur deux (02) pays : Etats-Unis et Espagne a presque doublé en plus de 15 ans. En matière de commerce des fraises, L'Espagne reste le pays producteur et exportateur le plus important en Europe. Les trois principaux pays exportateurs sont : L'Espagne, les Pays-Bas et la Belgique. Les plus gros importateurs étant, en 2010, l'Allemagne, la France et le Royaume-Uni (ACI, 2017).

Tableau (1) : Production mondiale de fraises pour l'année 2017

Pays	Production en tonnes	Pourcentage
Etats-Unis	1 294 180	28,00%
Turquie	300 940	7,00%
Espagne	275300	6,00%
Egypte	238 432	5,00%
Corée du sud	231 803	5,00%
Mexique	226 657	5,00%
Japon	177500	4,00%
Pologne	176748	4,00%
Russie	165000	4,00%
Allemagne	156911	4,00%
Italie	153875	4,00%
Maroc	140600	3,00%
Autre pays	819888	19,00%
Total	4 356 834	100,00%

Source : données de FAO in (ACI, 2017)

I.6. Culture et production de la fraise en Algérie

I.6.1. Historique de la culture de fraises en Algérie (DSA, 2018)

Deux (2) dates sont à retenir :

En 1905 : introduction du fraisier par les italiens au niveau de Skikda, cultivé sur les collines de la zone de Stora, variété ronde locale à conduite traditionnelle, elle fut surnommée Russicada en 1994 (nom antique de Skikda).

En 1970 : création de l'D.C.M chargé du développement du maraichage avec une introduction massive d'espèces et de variétés légumières, parmi lesquelles figurent une trentaine (30) de variétés de fraise d'origine Belge et française, expérimentées en plein champ dans les conditions Algéroises.

A Jijel la culture de la fraise est pratiquée depuis longtemps comme culture marginale, elle s'est développée au début des années quatre-vingt grâce à son introduction au niveau des EX DAS.

Actuellement, l'introduction des variétés hybrides, la pratique de l'itinéraire technique moderne en culture protégée sous serre et sous tunnel, l'irrigation localisée (goute à goutte) et le développement ont fait d'elle une culture précoce de décembre à juin.

Lancée à titre expérimental en 2001 sur 04 hectares avec 1200 Qx de production, la culture de la fraise a tôt fait de conquérir les agriculteurs de Jijel à tel point qu'à chaque campagne on enregistre une augmentation en superficie et en production, en 2010 la superficie était de 323 Ha pour 100.000 Qx et en 2018 la superficie de 415 Ha pour une production estimée à plus de 186.700 Qx.

I.6.2. Variétés de fraises cultivées en Algérie

En Algérie, 18 variétés hybrides de fraise à haut rendement sont cultivées sous serres. Parmi les variétés les plus repiquées dans toutes les régions productrices de fraises, nous avons : Tioga, Douglas, Chandler, Selva, Russicada , Condonga (DSA, 2013).

Dans la wilaya de Jijel, les variétés cultivées les plus dominantes sont : Sabrina, Camila, Camarosa, Nabila, Saint Andreas, Festival, Garda, Winterestar, Jaunica, Melissa et Marisol.....(DSA, 2018).

I.6.3. Production de la fraise en Algérie

Aujourd'hui, la production des fraises en Algérie est estimée à 700000 tonnes en 2017-2018 (CAW, 2018).

Cependant, les rendements et les productions les plus faibles sont enregistrés à fin des années 1990 avec 2000 à 5000 tonnes (rendement de 90 Q/Ha dans la région de l'est). Cette production a connu des fluctuations au fil du temps (DSA, 2018).

La production a considérablement augmentée au début des années 1990 pour stagner à partir de 1994 ; cette variation est fortement liée à celle des superficies cultivées (CAW, 2018).

La croissance de la production et la superficie ne sont remarquables qu'à partir de 2000. Suite à la mise en place de plan national de développement agricole « PNDA » (DSA, 2018).

I.7. Contamination de la fraise par les métaux lourds

L'exposition des fraises aux éléments-traces se fait de deux façons : premièrement par les parties aériennes, deuxièmement par les racines. Ces éléments-traces peuvent soit être déposés à la surface des feuilles et des racines (dans ce cas un lavage à l'eau en enlève une partie) ou bien elles peuvent pénétrer dans la plante, ils y pénètrent par les parties aériennes (feuilles, tiges, fruits), à travers les particules en suspension dans l'air de composés gazeux (notamment pour le Hg et le Se) ou encore des composés dissous dans l'eau de pluie ou d'irrigation. Ils peuvent pénétrer par les racines à partir du sol. Les éléments-traces, une fois prélevés de la plante (fruits et légumes), peuvent être piégés et ne pas circuler dans la plante, ou alors ils peuvent être transportés du lieu de l'absorption vers un autre organe végétal

Dans les zones de forte pollution atmosphérique (à proximité d'une industrie de fabrication d'alliages, de métaux ou à côté d'une autoroute) les retombées atmosphériques sur les parties aériennes des plantes, par les pluies ou par les poussières (projections de terre polluée ou poussières émanant des industries), sont importantes. Dans ce cas, la contamination des feuilles, tiges et fruits est élevée. Une partie de cette contamination peut être enlevée par simple lavage à l'eau, ce qui montre qu'elle reste à la surface des parties aériennes en un dépôt superficiel. Une autre partie reste piégée dans les feuilles par

exemple. Il est vraisemblable qu'une troisième partie des éléments-traces peut être transportée dans la plante, mais son importance est controversée. Dans les zones de faible pollution, les avis des scientifiques divergent sur l'importance de l'entrée d'éléments-traces par les parties aériennes (**Tremel-schaub et Feix, 2005**).

II.1. Les ETMs

II.1.1. Définition

On appelle en général ETMs les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm³ (**Gandois et al ., 2010**). Le terme métaux lourds, « heavy metal », implique aussi une notion de toxicité. Le terme «éléments traces métalliques» est aussi utilisé pour décrire ces mêmes éléments, car ils se retrouvent souvent en très faible quantité dans l'environnement.

En fonction de leurs effets physiologiques et toxiques, on distingue deux types : ETMs essentiels et ETMs toxiques. Les métaux essentiels sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques (**Behanzin et al, 2014**).

La concentration trop élevée de de certains métaux peut s'avérer toxique. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn) et de fer (Fe). Par exemple, le zinc (Zn), à la concentration du millimolaire, est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques (déshydrogénases, protéinase, peptidase) et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides

Les éléments traces métalliques (ETM) ou métalloïdes sont des métaux dont la concentration n'excède pas 1000 mg/kg dans un échantillon ou un milieu donné (**Kabata-Pendias, 2001**).

II.1.2. Origine de la contamination des sols par les ETMs

La teneur en métaux des sols peut être d'origine naturelle ou d'origine anthropique. En effet les activités humaines peuvent en être la cause.

II.1.2.1. Sources naturelles (**Miquel, 2001**)

Les gisements des ETMs au sein de la biosphère se chiffrent par millions de tonnes. Ces derniers se trouvent dans tous les compartiments de l'environnement. Toutefois, les réserves les plus importantes restent celles que l'on retrouve dans les roches et/ou sédiments océaniques. Ces gisements naturels, enfouis dans les roches, deviennent accessibles et contaminants potentiels à quatre occasions :

- l'exploitation (les mines) et l'utilisation ;

- l'érosion qui transporte les métaux vers les sols, les eaux de surface et les sédiments ;
- les prélèvements d'eau. En puisant dans des nappes phréatiques de plus en plus profondes, on peut tomber sur une nappe contaminée par une roche très chargée en métaux lourds. Cette source de mobilisation des métaux lourds est la moins connue, mais aujourd'hui l'une des plus fréquentes ;
- les éruptions volcaniques terrestres ou sous-marines. Une éruption volcanique libère essentiellement de grosses quantités de gaz carbonique et de soufre, mais on y retrouve aussi des métaux lourds. Il est estimé que les volcans libèrent en moyenne annuelle dans le monde, de 800 à 1.400 tonnes de cadmium, 18.800 à 27.000 tonnes de cuivre, 3.200 à 4.200 tonnes de plomb, et 1.000 tonnes de mercure dans l'atmosphère.

Il y a donc des sources de contamination naturelles. Une fois en circulation, les métaux se distribuent dans tous les compartiments de la biosphère : terre, air, océan.

II.1.2.2.Sources anthropiques

La contamination d'un milieu par les ETMs désigne une augmentation des teneurs totales de ces éléments dans le milieu suite à des apports anthropiques importants. Les ETMs constituent de sérieux polluants environnementaux, en particulier dans les zones à haute pression anthropique ; leur présence dans l'atmosphère, le sol et l'eau, même sous forme de traces, peut causer de graves problèmes à tous les organismes. L'accumulation de métaux lourds dans les sols est une préoccupation en production agricole en raison de leurs effets néfastes sur la croissance des cultures, la qualité des produits alimentaires et la santé de l'environnement (**El Hachimi et al, 2014**).

Effluents d'extractions minières :

- Effluents industriels ;
- Effluents domestiques et ruissellements orageux urbains ;
- Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides ;
- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides ;

- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles ;
- Activités pétrochimiques.

Le tableau 2 présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles d'où peuvent provenir les métaux présents dans l'environnement (**Biney et al, 1999**).

Tableau (02): Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (**Biney et al, 1999**).

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni,
Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe
Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu
Biocides (pesticides, herbicides, conservateurs)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn

Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd
------------	----------------------------

Les activités minières, dans certains pays africains sont à l'origine d'importants apports de métaux lourds dans l'environnement. Nous pouvons citer : le mercure en Algérie, l'arsenic en Namibie et en Afrique du Sud, l'étain au Nigéria et au Zaïre, et le cuivre en Zambie. Les émissions anthropogènes, pour la plupart des métaux lourds peuvent être égales ou même supérieures aux naturelles. En effet la combustion d'essence au plomb dans les automobiles, par exemple, est responsable de la vaste diffusion du plomb dans le monde. Pour le mercure, par contre, plusieurs rapports semblent indiquer que les émissions naturelles sont quantitativement plus importantes que l'apport d'origine anthropogène (Biney et al, 1999).

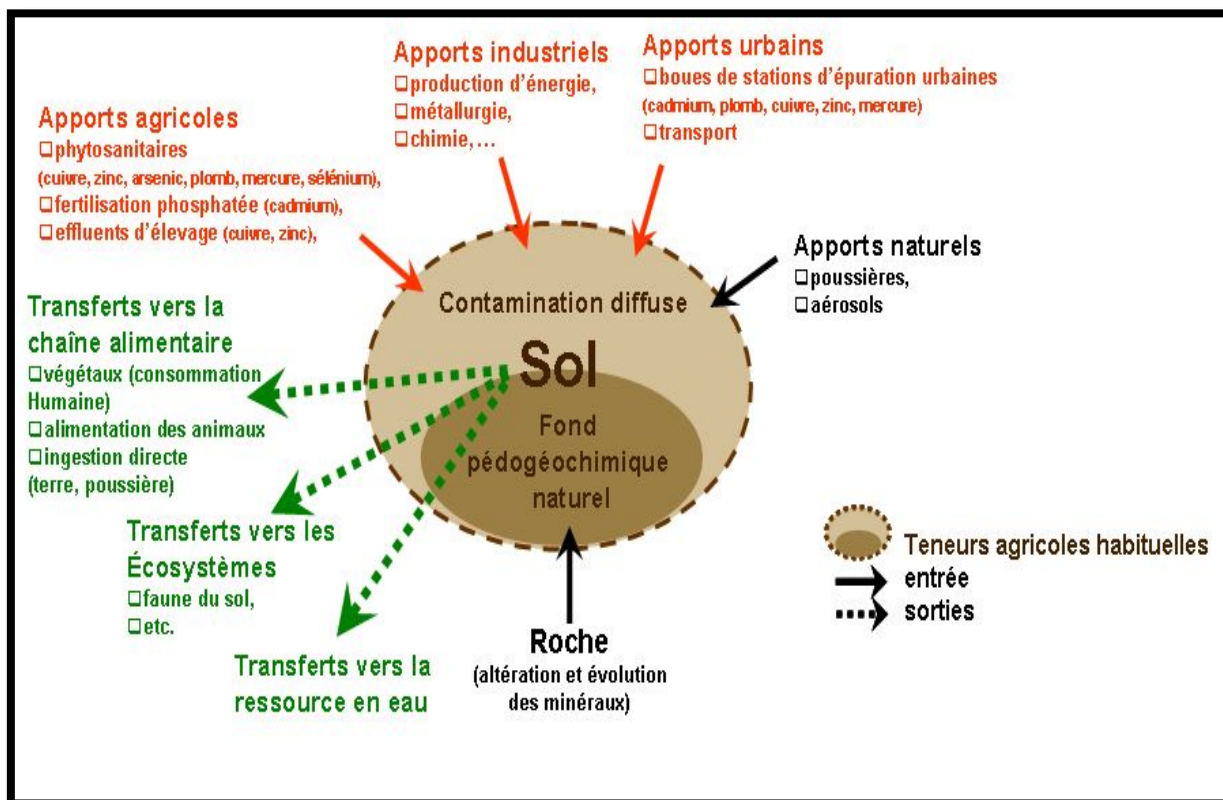


Figure 04 : Sources de contamination des sols par les métaux lourds

II.1.3. Rôle des ETMs

Malgré le fait que nous pouvons retrouver les ETMs dans tous les compartiments de l'environnement, néanmoins les métaux sous forme de traces y sont en général en quantités très faibles. Les métaux présents dans l'eau et l'environnement terrestre jouent un rôle important dans la transformation de la matière, principalement dans les mécanismes enzymatiques. Ils sont donc primordiaux quant au fonctionnement normal de la faune et de la flore. En effet une faible concentration de ces éléments dans l'environnement a généralement un effet positif (**Kozlowski et al, 2003**).

La présence des ETMs peut avoir des effets nocifs sur la santé humaine via la chaîne alimentaire. Cependant, en termes de toxicité, ce sont certaines formes physicochimiques des ETM qui sont importantes et non leurs concentrations totales (**Manouchehri et Bermond, 2010**). En fonction des données toxicologiques, on définit un seuil d'exposition humaine en dessous duquel le risque (probabilité d'un effet néfaste pour un ou plusieurs organismes vivants résultant de l'existence d'un danger ; l'ampleur du risque résulte de l'importance de l'exposition croisée avec l'intensité du danger) est considéré comme négligeable ou nul. L'effet à long terme des faibles doses d'ETM sur la santé des populations suscite l'intérêt, avec le souci d'abaisser le plus possible l'exposition chronique des populations sensibles (**Mench et Baize, 2004**).

II.1.4. Mobilité et biodisponibilité des ETMs

La quantification de ces formes potentiellement biodisponibles est primordiale, pour cause, leur accumulation dans les organismes vivants a pour effet d'influer sur leur développement, c'est ce qu'on appelle, en général, la « spéciation » ou le « fractionnement ». Dans la littérature scientifique, il existe de nombreuses méthodes de spéciation physicochimique pour étudier le devenir des métaux lourds dans le sol et la solution de ce dernier afin de faire une hypothèse de biodisponibilité. Certaines études visent principalement à déterminer, à l'aide d'extractions chimiques, les fractions en métal potentiellement biodisponibles (**Manouchehri et Bermond, 2010**).

L'activité principale de la littérature scientifique est donc de mesurer les fractions mobilisables en ETM, en utilisant des extractants chimiques ou des logiciels de spéciation chimique et à modéliser l'extractibilité (mesurée de façon expérimentale ou informatique) en

fonction des différentes propriétés physico-chimiques du sol comme le pH (**Gandois et al., 2010**).

II.1.5. Bioaccumulation (Pierre et Chim, 2018) .

Parmi les principaux polluants générés par les activités industrielles, les ETMs, tels que le Cu, le Pb, le Cr... posent des problèmes particulièrement préoccupants. En effet, ces éléments, par nature non biodégradables, présentent une forte écotoxicité et pourraient être impliqués dans de nombreuses pathologies. Dans les zones polluées et en l'absence de mousses et de lichens, les plantes supérieures, jouant le rôle de bio-accumulateurs de pollution atmosphérique, peuvent être considérées comme bio-indicateurs de pollution. Les plantes hyperaccumulatrices de métaux lourds (zinc, cuivre, plomb, chrome, sélénium, arsenic, mercure, cadmium, nickel, argent, or, et platine) sont capables de les absorber et de décontaminer les eaux et les sols pollués. Près de mille plantes hyperaccumulatrices ou tolérant les métaux lourds ont été identifiées et chacune d'elles a sa spécialité .

II.1.6. Phytotoxicité par les ETMs

Les plantes hyper-tolérantes et hyper-accumulatrices, ayant le pouvoir de stabiliser les sols pollués par extraction. Leur utilisation a donc été proposée afin d'améliorer le substratum. Ainsi, vers les années 80, des plantes habituellement utilisées dans la prospection minière et présentant la particularité de croître sur des milieux métallifères ont été proposées pour la réhabilitation de sols pollués. Cette nouvelle approche biologique appelée «phytoremédiation» est définie comme étant l'utilisation de plantes supérieures pour extraire, stabiliser ou dégrader des substances polluantes l'environnement. Le terme « d'hyper-accumulateur » désigne des végétaux supérieurs capables d'atteindre, dans leurs parties aériennes, des teneurs de 0,01 % de Cd, 0,1 % de Pb et de Cu ou encore 1% de Zn par rapport à la masse de matière sèche. Il correspond à un niveau extrême de tolérance des végétaux aux ETMs. Quant à la « phytoextraction » son principal se base sur l'utilisation de potentiel d'hyperaccumulation pour extraire les polluants du sol et les transférer vers les parties aériennes de plantes supérieures (**Ben ghnaya et al, 2013**).

II.1.7. Les ETMs étudiés

II.1.7.1. Le cadmium

Bien que, comme pour la plupart des autres métaux, son cycle biogéochimique et son transfert éventuel dans les chaînes alimentaires dépendent en grande partie de l'activité des microorganismes, qui peuvent modifier sa forme chimique et gouverner ainsi sa mobilité dans les milieux physiques ou biologiques. Le cadmium reste l'un des métaux d'origine tellurique les plus préoccupants dans le plant écotoxicologique et sanitaire (Gauthier et al, 1986). L'utilisation d'engrais phosphatés et l'épandage de boues de stations d'épurations peuvent aussi être des sources de cadmium. Ce dernier s'accumule dans la couche de surface des sols (couche labourée) mais il peut également migrer en profondeur. Il n'y a pas de relation directe entre la teneur en cadmium du sol et la teneur dans les plantes car le chaulage limite le transfert sol/plante. En revanche, une forte acidité des sols facilite la disponibilité du cadmium pour les plantes et la mobilité vers les nappes. Néanmoins il est facilement transloqué des racines vers les parties aériennes des plantes. Tandis que les racines et les feuilles, ce sont les organes végétaux qui accumulent le plus cet élément. Les compléments alimentaires pour les animaux contenant du phosphate peuvent aussi être une source de contamination au cadmium (Cniel, 2009).

II.1.7.2. Le cuivre

Les sédiments de l'eau et les particules du sol sont exposés à la plupart des composants du cuivre qui s'y déposent. En général, après avoir été rejetés lors de leur application dans l'agriculture, les composants solubles du cuivre se retrouvent dans l'environnement. L'air quant à lui, contient en général une assez faible concentration en cuivre. L'exposition au cuivre par voie respiratoire est donc négligeable. Tandis que les personnes vivant près de fonderies et transformant des minerais de cuivre en métal, sont plus confrontées à cette exposition.

Les matières organiques et les minéraux se lient fortement au cuivre qui se retrouve dans le sol. Par conséquent, il ne voyage pas très loin et il ne pénètre presque jamais dans les eaux souterraines. Qu'il soit suspendu sur les particules de boue ou comme ion libre, le cuivre peut parcourir de longues distances dans les eaux de surface.

Le cuivre ne se détruit pas dans l'environnement ; quand il est présent dans le sol il peut par conséquent s'accumuler dans les plantes et les animaux. Si le sol est riche en cuivre,

seul un nombre limité de plantes a des chances d'y survivre. C'est pourquoi, il existe peu de diversité de plantes près des industries rejetant du cuivre, celui-ci représente une sérieuse menace pour les productions agricoles du fait de ses effets sur les plantes. Le cuivre a une grande influence sur ce qui se passe sur les terres agricoles, suivant l'acidité du sol et la présence de matière organique. Malgré cela, les engrais contenant du cuivre sont toujours utilisés (**Anonyme, 2018**).

II.1.7.3. Le zinc

D'après (Loué, 1993) la teneur des sols en Zn total dépend beaucoup de celle de la roche mère et se situe entre 10 et 300ppm. Et selon les auteurs, le zinc est présent le plus souvent sous forme de sulfure (blende) dans des filons hydrothermaux et des gites stratiformes imprégnant des roches sédimentaires où il se trouve associé au plomb, au fer, et au cuivre (association blende, pyrite, Galena, chalcoppyrite). Le zinc peut être considéré comme étant très mobile et ses formes les plus mobiles seraient facilement adsorbées par les constituants organiques et minéraux des sols (**Baize, 2000**).

Le zinc est un microélément important pour la croissance et le développement de la plante, elle absorbe le zinc sous forme du cation Zn^{++} . Cet ion a un rôle spécifique dans le métabolisme ; il intervient dans la synthèse des protéines et de l'amidon, il protège les cellules des dommages liés aux radicaux oxydants en intervenant pareillement dans la synthèse des protéines et des acides nucléiques (**Anonyme, 2017**).

Le zinc est une menace pour les plantes, dû au fait que les plantes absorbent souvent des quantités de zinc accumulées dans le sol que leur système ne peut pas gérer. Seul un nombre limité de plantes a des chances de survivre sur un sol riche en zinc. C'est pourquoi il n'y a pas beaucoup de diversité des plantes près des usines manipulant du zinc. Du fait de ces effets sur les plantes le zinc est une sérieuse menace pour la production des terres agricoles. Malgré cela les engrais contenant du zinc sont toujours utilisés. Enfin, ayant une influence négative sur l'activité des micro-organismes et les vers de terre, le zinc peut interrompre l'activité du sol. De ce fait, la décomposition de la matière organique peut être sérieusement ralentie (**Anonyme, 2018**).

La teneur moyenne en zinc de la lithosphère est en général de 50 mg/kg environ et les variations ne sont pas très importantes: de 10 à 150 mg/kg. La teneur en zinc de la roche-mère dépend de son origine géologique (**Saur, 1990**).

II.2. Les engrais (Draft, 2012)

II.2.1. Définition des Engrais et des Nutriments

Les Engrais sont à base de fumier, à base de produits chimiques et à base de minéraux qui fournissent un ou plusieurs éléments nutritifs végétaux essentiels. Une utilisation d'engrais au moment propice en utilisant des quantités adéquates peut augmenter de manière importante la croissance des plantes. Les engrais peuvent être classés en deux catégories:

➤ Engrais Organiques

Ils sont obtenus à partir de matières vivantes ou autrefois vivante tels que les déchets animaux (fumier), les résidus de culture (comme les feuilles, tiges), le compost, et de nombreux autres produits dérivés d'organismes vivants.

➤ Engrais Inorganiques

(Également appelés Engrais minéraux et chimiques): les produits proviennent essentiellement de sources non vivantes au travers de processus artificiels. La plupart des engrais commerciaux entre dans cette catégorie.

II.2.2. Types d'engrais

II.2.2.1. Les engrais chimiques ou minéraux (origine minérale)

Existent sous forme liquide ou solide, poudre ou granulé à diffusion rapide ou lente. On peut les trouver sous forme simple (N), (P), (K) ayant une teneur déclarée en un seul élément fertilisant majeur : azote, potassium ou phosphore, ou sous forme composée (N, P, K) : Ils sont composés des trois éléments de base (N, P, K) : engrais binaires (NP, PK, NK) ou 3 nombres sont des engrais ternaires (NPK). Les oligo-éléments se trouvent également sous forme liquide séparée, cela permet de faire des apports quand on le désire pour parer à une carence (Fert'ill, 2003).

II.2.2.2. Les engrais organiques (origine animale ou végétale, de synthèse : l'urée)

Sont des engrais de fond sous forme solide à base de farine animale, corne torréfiée, sang séché, poudre d'os, tourteaux de colza, excréments d'animal, cendres, ...

etc. Ces engrais sont à diffusion lente et ont besoin de micro-organismes pour être décomposés afin de nourrir la plante. et très souvent d'oligoéléments qui se trouvent également et tout naturellement dans le mélange (**Anonyme, 2003**).

- **II.2.2.3.les engrais organo-minéraux (mélange des deux premiers types)**

Ces différents engrais sont composés d'éléments fertilisants classés selon trois catégories :

- les éléments primaires : azote, phosphore, potassium ;
- les éléments secondaires : soufre, calcium, magnésium ;
- les oligo-éléments : fer, manganèse, molybdène, cuivre, bore, zinc, chlore, sodium, cobalt, silicium (**Anonyme, 2003**).

II.2.3. Rôle des principaux éléments constituant les engrais

Les différentes classes des éléments nécessaires à la croissance des végétaux sont :

- Éléments fertilisants secondaires : Le calcium, le magnésium, le soufre et le sodium.
- Oligo-éléments : bore, chlore, cuivre, magnésium, molybdène et le zinc : Ils participent à faible dose à la nutrition des végétaux (quelques centaines de grammes à quelques kilogrammes par hectare). Au delà d'une certaine concentration, ils deviennent toxiques pour les plantes.

***(Fe) Fer:** il stimule la production de chlorophylle et agit sur la couleur des feuilles plus ou moins vertes.

***(Zn) Zinc:** il stimule la production d'hormones qui agissent sur la dominance des bourgeons.

***(Mn) Manganèse:** il intervient sur la multiplication cellulaire et favorise l'assimilation des nitrates.

***(B) Bore:** il intervient dans la rétention de l'eau par les cellules.

***(Mo) Molybdène:** il favorise l'assimilation des nitrates.

- Éléments fertilisants majeurs : L'azote le phosphore et le potassium :

***L'azote** est l'élément fondamental de la matière vivante qui est également l'un des principaux constituants de la chlorophylle.

***Le phosphore** favorise la croissance et le développement de la plante, ainsi que la rigidité des tissus et la résistance aux maladies.

***Le potassium** participe à la synthèse des protéines et accroît la résistance de la plante aux parasites. Ces éléments se trouvent à l'état naturel sous formes de phosphate, nitrates et différents sels de potassium. Ils ne sont généralement pas directement utilisables comme engrais, c'est la raison pour laquelle l'industrie prépare toute une gamme d'engrais chimiques (**Gabriel, 2009**).

II.2.4. Classification des engrais (Codes SH) : Qu'est-ce que le Système Harmonisé?

L'abréviation SH signifie Système Harmonisé de description et de codification des marchandises. Le SH est la norme internationale pour la déclaration en douane des marchandises et pour d'autres agences gouvernementales. Il s'agit d'un code numérique utilisé par plus de 180 pays à travers le monde et par presque 100 % du commerce international. Le SH a été créé et est administré par l'Organisation Mondiale des Douanes (OMD) basée à Bruxelles.

II.2.4.1. Que sont les codes SH? (Draft, 2012)

Les codes SH sont le langage du commerce international. Toute marchandise qui franchit une frontière internationale doit être déclarée en douane au moyen d'un code spécifique du Système Harmonisé. Entre autres utilisations, ces codes numériques sont utilisés pour calculer et évaluer les droits et taxes, déterminer la recevabilité des importations et exportations et effectuer le ciblage et l'évaluation des risques. Les 6 premiers caractères du SH sont utilisés universellement.

II.2.5. Rôle des engrais

Sur un sol sain, bien structuré avec un approvisionnement en substances nutritives équilibré, la plante peut prélever tout ce dont elle a besoin. Mais dans la pratique, ces conditions optimales n'existent que rarement (**Hauert, 2012**).

Le meilleur engrais ?

Il n'y a pas de meilleur engrais, il s'agit d'utiliser celui qui s'apprête le mieux aux plants. Les plantes ont besoin de quantités relativement importantes des éléments de base. On dit que ce sont des éléments essentiels parce que la plante ne peut compléter son cycle vital en son absence (**Bissonnette, 2000**).

Bien nourrir nos plantes qu'elles soient a des avantages à bien des égards. Une plante bien nourrie offre un meilleur rendement autant en production potagère que fleurie atteignant ainsi nos espérances. Aussi, une plante bien nourrie offre une résistance aux maladies et aux insectes. Enfin, une plante bien nourrie se fera une réserve pour la prochaine année et supportera mieux les stress thermiques. Ainsi, on prolonge son espérance de vie.

II.2.6. Contamination des engrais par les métaux lourds (Anonyme, 2017)

Les engrais minéraux peuvent contenir des éléments traces métalliques. Par exemple, le phosphore extrait est plus ou moins contaminé par du cadmium, élément toxique naturellement contenu dans la roche.

L'excès de cuivre constitue l'élément le plus problématique dans la protection des cultures en mode biologique. En effet, le cuivre est le seul fongicide connu, non considéré comme chimique, réellement efficace contre le mildiou de la vigne. Toutefois, n'étant pas biodégradable, il s'accumule dans le sol et crée une pression sur les micro-organismes, champignons et animaux qui y vivent .

Les normes sur les métaux sont utilisées pour évaluer et gérer tous les produits réglementés en vertu du Règlement sur les engrais et pour lesquels des inquiétudes à propos des métaux ont été soulevées (p. ex., les matériaux recyclés ou les matériaux contenant naturellement des niveaux élevés en métaux). Les normes s'appliquent au contenu total en métaux (non extractibles) et elles sont conservatrices afin de tenir

compte des effets cumulatifs à long terme des métaux sur la santé des végétaux, des animaux et des humains. Elles tiennent également compte de la concentration des métaux dans le sol ainsi que des facteurs d'absorption racinaire des plantes comme l'acidité du sol et la capacité d'échange de cations du sol.

Remarque : Le taux d'application et la concentration en métaux doivent être présentés de la même manière (c. à d. les deux en fonction du poids sec ou tel quel) .

II.2.7. Les effets néfastes des engrais sur la santé

La protection de l'environnement et la sécurité alimentaire sont d deux préoccupations majeures des pays. Comme toute activité humaine, l'utilisation inconsidérée de fertilisants peut avoir un impact sur l'environnement et l'être vivant (**Anonyme, 2005**).

Les effets directs sur la santé peuvent être constatés auprès de la population proche d'un site qui subit une pollution du sol (soit par consommation d'aliments produits sur place, soit par exposition au sol). On parlera d'exposition directe, par voie orale (ingestion de terres ou de poussières en suspension), par voie respiratoire (inhalation de gaz ou de poussières), par contact cutané. L'exposition indirecte concerne par exemple la consommation de produits alimentaires contaminés (légumes, fruits, produits laitiers, etc.) (**Doumont et Libion 2006**).

Chapitre III : matériel et méthodes

Pour atteindre l'objectif de notre étude, un plan de travail a été adopté dans le but d'évaluer la contamination des fertilisants les plus utilisés dans la culture de la fraise dans la région de Jijel par les ETMs. Cette étude permettra ainsi d'évaluer le risque lié aux métaux lourds sur le consommateur de la fraise.

III.1. Echantillonnage des engrais inorganique

Dans cette étude, quatre (04) engrais chimiques les plus utilisés dans la culture de la fraise ont été retenus. Les échantillons ont été fournis par des entreprises privées spécialisées en matière de produits phytosanitaire et engrais chimiques (tableau, 03).

III.2. Les engrais retenus (voir l'annexe)

Tableau (03): Les échantillons d'engrais retenus.

Classe	Sous classes	Code	Origine
Engrais complexes (NPK) (n=04)	16.08.24 +20 SO ₃	E1	NUTAGRA
	15.15.15	E2	NUTAGRA
	30.10.10	E3	NUTAGRA
	18.44.00	E4	NUTAGRA

Source : (NUTAGRA, 2018)

15.15.15 NPK et 16.08.24 NPK à base sulfaté.

III.2.1. L'engrais de fond : NPK + SO₃ : (15.15.15 +20)

III.2.1.1. Composition

- Azote Total (N) : 15 %
- Azote Ammoniacal (NH⁺⁴) : 15 %
- Anhydride phosphorique (P₂O₅) :15 %
- Oxyde de Potassium (K₂O) :15%
- Anhydrique sulfurique (SO₃) :20%

III.2.1.2. Caractéristiques

- Se présente sous forme de granulés homogènes et réguliers de même densité permettant un bon épandage et une couverture optimale.
- l'azote ammoniacal pour alimentation régulière et participant ainsi à l'acidification du sol.
- Tous ses éléments ont un Ph bas, ils contribuent à une acidification forte de la rhizosphère en libérant et facilitant l'assimilation des éléments nutritifs par la plante.
- Le soufre sous forme assimilable (SO_3), éléments qui participent à la nutrition des plantes.

III.2.1.3. Utilisations et doses d'emploi :

Tableau (04) : utilisation et doses d'emploi d'engrais 15.15.15

Cultures	Doses(Qx / ha)
Pomme de terre	12 à 15
Maraîchères (fraise)	6 à 10
Arbres fruitiers	8 à 12
Vigne	8 à 12
Agrumes	6 à 10

Source : (NUTAGRA, 2018)

NPK 15 15 15 est recommandé sur toutes cultures, au moment de plantation, au semis et en couverture.

III.2.2. L'engrais NPK : (18.44.00)

III.2.2.1. Composition

- Azote total (N) : 18%
- Azote uréique ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) : 18%
- Anhydride phosphorique (P_2O_5) : 44%

III.2.2.2. Caractéristique

- Est un engrais binaire, sous forme de cristaux très solubles dans l'eau, qui contient de l'azote et du phosphore.

- Source d'azote qui permet de répondre progressivement aux besoins de la culture durant le stade de développement.
- Participe à l'acidification de la rhizosphère, pour augmenter la disponibilité et l'assimilation des éléments nutritifs.
- Est un excellent engrais pour le démarrage de culture en favorisant la croissance de la partie végétative et le développement racinaire pour l'installation de la culture.
- Libère les éléments nutritifs bloqués dans les sols alcalins, tels que : le phosphore (P), le potassium (K), le fer (Fe), le manganèse (Mg), le cuivre (Cu), et ce, grâce à son effet acidifiant.
- Empêche le bouchage des goutteurs.

III.2.2.3. Utilisation et doses d'emploi

Tableau (05) : utilisation et doses d'emploi d'engrais 18.44.00

Cultures	Doses à l'hectare (Qx/ha)
Arbres fruitiers	1 à 2
Cultures sous serre (fraise)	2 à 3
Pomme de terre	2 à 3
Melon, Pastèques	2
Agrumes	2 à 3

Source : (NUTAGRA, 2018)

III.2.3. L'engrais NPK +SO₃ (16.08.24 +20)

III.2.3.1. Composition

- Azote total (N): 16%
- Azote ammoniacal (NH₄): 8.3 %
- Azote nitrique (NO₃): 6.8 %
- Azote uréique CO (NH₂)₂: 0.9 %
- Anhydride phosphorique (P₂O₅): 0.8 %
- Oxyde Potassium (K₂O): 24 %
- Anhydride sulfurique (SO₃) : 20%

III.2.3.2. Caractéristique

- Est un engrais ternaire, sous forme de cristaux blanc très solubles dans l'eau, qui contient de l'azote, du phosphore et du potassium.
- Source permanente d'azote qui procure un effet vert rapide, pour répondre aux besoins de la culture durant le cycle de développement, grâce à sa forme nitrique et ammoniacale.
- Riche en soufre, qui rentre dans la synthèse des protéines de la plante et augmente le processus de la minéralisation de la matière organique dans le sol.
- Participe activement à l'acidification de la rhizosphère, pour augmenter la disponibilité et l'assimilation des éléments nutritifs.
- Favorise le transport des carbohydrates depuis en feuilles vers les organes de reproduction, pour obtenir un bon calibre et une coloration homogène.
- Est une formule adaptée en particulier pour la culture exigeants en potassium surtout avant la maturation ; telles que : arbres fruitiers, légumes, agrumes... etc.
- Très soluble dans l'eau, et empêche le risque d'obstruction des goutteurs.

III.2.3.3. Utilisations et doses d'emplois

Tableau (06) : utilisation et doses d'emplois d'engrais 16.08.24

Cultures	Doses à l'hectare (Qx/ha)	Stades d'apports
Arbres fruitiers	1.8	Début nouaison
Cultures légumières	5	Début grossissement
Cultures sous serres (fraise)	5	Début grossissement
Agrumes	2	Début nouaison

Source :(NUTAGRA, 2018)

III.2.4. L'engrais NPK (30 10 10)

III.2.4.1. Composition

- Azote total(N) : 30%
- Anhydride phosphorique (P₂O₅) :10%
- Oxyde de potassium (K₂O) :10%

III.2.4.2. Caractéristiques

- Engrais soluble, riche en azote
- Utilisé sur toute culture, arbres fruitiers, cultures maraichères.
- Absorption rapide par les feuilles.
- Solution acidifiée, corrige le PH aux alentours de la plante.

III.2.4.3. Utilisation

Idéal pour le démarrage et croissance, utilisé au stade de débourrement des arbres fruitiers, pousse du printemps des agrumes et de la vigne, croissance actives des cultures des maraichères.

-En irrigation fertilisante : Préparer la solution mère en diluant 10 à 20 de NPK 30.10.10 dans 100 L d'eau. Dose : 10 à 20 kg/ ha.

-En pulvérisation foliaire : Cet engrais peut être utilisé en pulvérisation en employant 250 à 500 g de 30 10 10 pour 100 L d'eau. Volume d'eau / ha = 400 L minimum.

III.3. Travail au laboratoire (Bell, 2001).

III.3.1. Prétraitement des échantillons d'engrais pour l'analyse

III.3.1.1. Environnement analytique

Le dosage des éléments traces métalliques (ETM), avec concentration de l'ordre de quelque ppm (partie par million), nécessite une prise de précautions particulière pour préserver les échantillons de toute contamination extérieure. Tout flaconnage utilisé au cours des préparations de réactifs et des dosages des ETM (flacons de conservation, verrerie de dosage....etc.) est soigneusement décontaminé à l'aide d'une solution de l'acide nitrique (HNO_3 à 10%) diluée avec l'eau déminéralisée (100 ml de HNO_3 + 900 ml de l'eau distillée) pendant 30 minutes puis rincé plusieurs fois à l'eau déminéralisée, et séché sur une plaque chauffante 120 °C (bain de sable).

Pour mener à bien notre analyse et pour plus de précision, on a opté trois répétitions à chaque échantillon.

Les produits chimiques préférentiellement utilisés sont de qualité ultra-pure. Les pesées des échantillons d'engrais ont été effectuées à l'aide d'une balance analytique de marque «Sartorius» possédant une précision au 0.0001g.

III.3.2. Préparation des engrais chimiques

III.3.2.1. Homogénéisation

Une fois au laboratoire, les échantillons d'engrais granulés ont été broyés et homogénéisés dans un mortier en agate manuel.

III.3.2.2. Solubilisation des engrais d'étude

Pour l'analyse des éléments traces métalliques par la spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A), les échantillons doivent sous forme de solution aqueuse. Pour doser les éléments trace sous leur forme totale, on a suivi la méthode de la solubilisation dans l'acide (digestion d'acide).

III.3.2.3. Digestion acide

Elle consiste l'attaque des engrais avec le mélange HCl/HNO₃ (3V/1V), la fraction totale des éléments traces est dosée par une méthode modifiée d'après Bell (2001), la solubilisation est réalisée par addition de 2.5 ml et de l'acide nitrique concentré (70 m/v %) à 1g de masse sèche d'engrais dans un bécher de 25ml.

Après avoir ajouté 7.5 ml de HCl (acide chlorhydrique concentré), le mélange est laissé sur la pailasse pour une digestion lente (deux jours). Le mélange est porté ensuite sur une plaque chauffante à 120°C pendant 30 min, après refroidissement à température ambiante, les échantillons sont transférés dans des flacons en verres. Les solutions ont été filtrés ensuite sur papier filtre (type sans cendres, lavé à l'acide nitrique). Enfin, on complète le volume à 25 ml par l'eau bi distillée. Le filtrat est conservé dans des flacons en verre et stocké au réfrigérateur à 4°C.

III.3.2.4. Détermination des éléments traces métalliques

Les éléments traces métalliques dosés sont le cadmium, le cuivre et le zinc. Ces éléments sont choisis en fonction de leurs propriétés (oligo-éléments ou non), le cuivre et le zinc sont des oligo-éléments. Le cadmium a été choisi en rapport aux problèmes de toxicité qu'il peut engendrer. De plus, le cadmium dont la phytotoxicité est reconnue, est l'un des éléments traces le plus mobiles et est donc susceptible d'être transféré dans les eaux et pose

des problèmes de santé humaine. Les éléments traces métalliques présents dans chaque fraction extraite sont dosés par absorption atomique. Les solutions ont été analysées en triplicata à la flamme air/acétylène et aux longueurs d'onde requises pour chaque élément métallique.

III.4. Principe de la spectrophotométrie d'Absorption Atomique (S.A.A)

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) est une technique décrite pour la 1^{ère} fois par Walsh (1955). AAS étudie les absorptions de lumière par l'atome libre. C'est une des principales techniques mettant en jeu la spectroscopie atomique dans le domaine UV-visible utilisée en analyse chimique. Elle permet de doser une soixantaine d'éléments chimiques (métaux et non-métaux). Les applications sont nombreuses étant donné qu'on atteint couramment des concentrations inférieures au mg/L (ppm) (Pansu et al., 1998).

III.4.1.Principe

L'absorption atomique de flamme est une méthode qui permet de doser essentiellement les métaux en solution. Cette méthode d'analyse élémentaire impose que la mesure soit faite à partir d'un analyte (élément à doser) transformé à l'état d'atomes libres. L'échantillon est porté à une température de 2000 à 3000 degrés pour que les combinaisons chimiques dans lesquelles les éléments sont engagés soient détruites. La spectrométrie d'absorption atomique est basée sur la théorie de la quantification de l'énergie de l'atome. Celui-ci voit son énergie varier au cours d'un passage d'un de ses électrons d'une orbite électronique à une autre : $\Delta E = h\nu$ où

h est la constante de Planck et ν est la fréquence du photon absorbé. Généralement seuls les électrons externes de l'atome sont concernés. Les photons absorbés étant caractéristiques des éléments absorbants, et leur quantité étant proportionnelle au nombre d'atomes d'élément absorbant selon la loi de distribution de Boltzmann, l'absorption permet de mesurer les concentrations des éléments à doser. L'analyse par absorption atomique utilise la loi de Beer-Lambert. S'il y a plusieurs éléments à doser, on réalise cette manipulation pour chaque élément de l'échantillon en se plaçant à une longueur d'onde fixée. Il faut donc à chaque manipulation choisir une source adaptée pour éclairer l'élément que l'on cherche à exciter (Pansu et al., 1998).



Figure 05 : l'appareil de la spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA), Laboratoire de Biologie, Université de Jijel.

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Dans ce chapitre nous allons présenter premièrement l'état global de la culture de la fraise dans la wilaya de Jijel, ses besoins en éléments fertilisants, les types et les quantités d'engrais utilisés d'après les données recueillis auprès de la Dsa, Caw Ensuite, nous complétons ce présent chapitre par la présentation de nos résultats d'analyses réalisés au laboratoire d'Ecotoxicologie de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Jijel suivis par des interprétations et des discussions.

IV.1. Etat de la culture de la fraise dans la wilaya de Jijel

IV.1.1. Données agronomiques

L'agriculture constitue l'activité économique principale de la Wilaya de Jijel. Ce secteur dénombre plus de 19443 exploitations agricoles dont 95% relèvent du statut privé. Il est à noter que 83% des exploitations ont une superficie inférieure à 05 Ha (DSA, 2018).

Tableau (08) : Occupation des terres dans la wilaya de Jijel (DSA, 2018).

Superficie totale wilaya	240000 Ha	100 %
Superficie agricole totale	98499 Ha	soit 41 % de la S.T
Superficie agricole utile	44418 Ha	soit 45% de la S.A.T
Superficie agricole irriguée	7209 Ha	soit 16 % de la S.A.U
Superficie occupée par la culture de la fraise	415 Ha	soit 0,9 % de la S.A.U

L'analyse des données contenues dans le tableau ci-dessus montre que la superficie agricole totale représente un pourcentage de 41% de la superficie totale de la wilaya de Jijel, la superficie agricole utile 45% de la superficie agricole totale, la superficie occupée par la culture de la fraise est de 0.9 % de la superficie agricole utile.

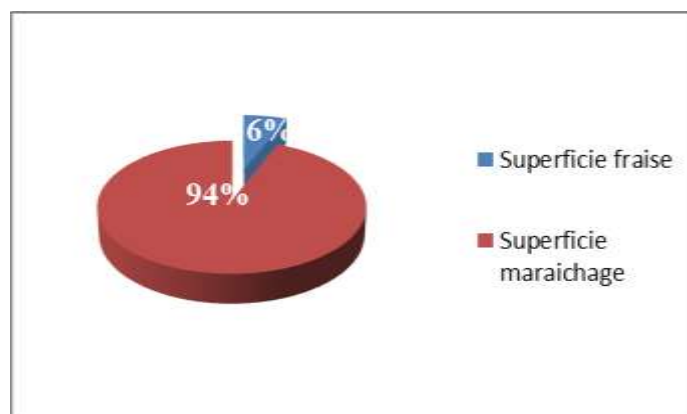


Figure 06 : Rapport entre la superficie fraise et maraichage pour l'année 2017 (DSA, 2018).

La culture de fraise occupe 6 % de la superficie totale maraichère et 43 % des cultures protégées. On enregistre chaque année une augmentation des superficies cultivées. Cette culture a permis une augmentation dans l'emploi de la main d'œuvre. Les plants de fraise écoulés durant cette campagne sont des plants frais, frigo et en motte en provenance d'Espagne et d'Italie (DSA, 2018).

Tableau (09) : Production des maraichères /ha dans la région de Jijel (DSA, 2018).

Type de culture	Superficie (Ha)	Production (Qx)
Maraichères	6572,39	1181944,55
Fraise	414,9	186705

IV.1.2. Culture de la fraise

Avec un climat favorable, une importante ressource en eaux, l'existence de plaines alluviales et une force de travail y compris féminine importante et qualifiée, la wilaya de Jijel recèle des potentialités importantes pour le développement et l'intensification de la culture de la fraise. L'introduction de la culture intensive de la fraise dans la wilaya de Jijel a débuté durant l'année 2001, avec des superficies cultivées très timides (quatre hectares en 2001), les agriculteurs ont très vite remarqué la plus-value qu'ils pouvaient tirer de cette culture, et progressivement cette superficie a augmenté pour atteindre la superficie de 323 hectares (CAW, 2015).

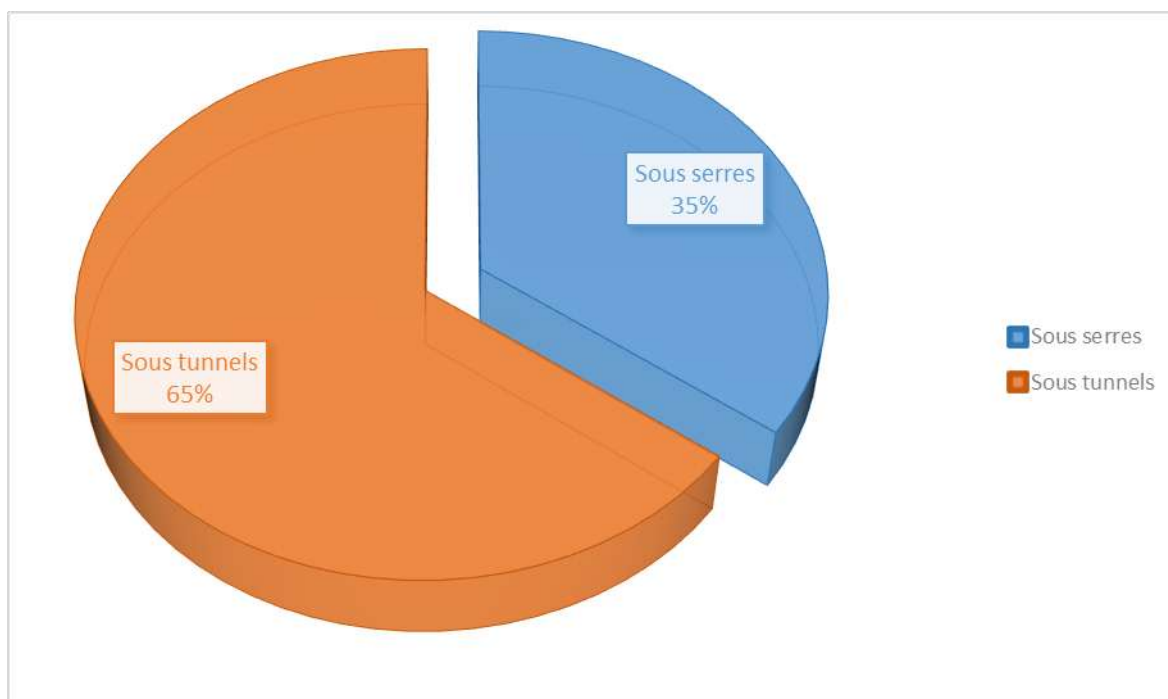


Figure 07 : la culture de la fraise sous serre et sous tunnel.

Dans la wilaya de Jijel en général la culture se fait sous serre a 35% et sous tunnel 65 % .

Tableau (10) : superficie de la culture de la fraise sous serre/ sous tunnel voir le tableau ci-dessous (DSA, 2018).

Espèce	Superficie
Culture de la fraise sous tunnels	264.74
Culture de la fraise sous serres	149.92
Total	414.66

IV.1.3. Utilisation des engrais chimiques

IV.1.3.1. Principaux engrais utilisés dans la culture des maraichères

En général dans la culture des maraichères on utilise souvent les engrais qui sont de deux types de nature : engrais organique et engrais minéral tels que : ci-joint le tableau 04 explicatif si dessous.

Tableau(11) : Les engrais utilisés dans la wilaya de Jijel (DSA, 2018).

Engrais	Nature	unités en Qx
Fiente de poulet	Engrais organique	18756
Et autre		42981
Urée	Engrais minéral simple azoté (N)	4514
Sulfazote		ND
Sulfate d'ammonium		150
Azofate N 21 %		
Et autre		3024
Tsp	Engrais minérales simples phosphatés (P)	168
Ssp		ND
Et autre		
Potasse k2O	Engrais potassiques (K)	5
Et autre		ND
NP	Engrais minérales composés	ND
NK		ND
PK		ND
NPK		37475

IV.1.3.2.Utilisation recommandée dans la culture de la fraise

Les différents engrais utilisés dans la culture de la fraise sont également les engrais minéraux quand doit les utiliser avec des quantités bien définies voir le tableau ci-dessous, ainsi que les engrais organiques en grand exemple : le fumier .

IV.1.3.2.1.Engrais minéraux

Tableau (12) : Recommandations des fertilisants appliqués pour la culture de la fraise (DSA, 2018).

Quantité QX/ an	Engrais (NPK)	N	P205	K2O
0.6 QX	Fond NPK 3*15	90	90	90
3.75 QX	Démarrage	56	112	56
1.25 QX	Maturation	22	9	32
Total kg /ha		168	211	178

IV.1.3.2.2. Engrais organiques

En plus de constituer une source d'éléments nutritifs et d'oligoéléments, le fumier est aussi une source appréciable de matière organique qui contribue à bâtir et à maintenir la structure du sol. Ajuster les doses d'engrais en fonction des éléments nutritifs contenus dans le fumier (Duval et *al*, 2003).

Fumure organique : 2 à 3 mois avant la plantation 50t/ha (DSA, 2018).

IV.1.4. besoin en éléments fertilisants pour un bon rendement

Il est recommandé d'utiliser des taux bien déterminés en éléments fertilisants pour obtenir un rendement de 30ha/t . voir le tableau ci-dessous .

Tableau (13) : besoin de la fraise en éléments fertilisants pour un rendement de 30 t/ha

(Fertial - laboratoire agronomique, 2009).

N	P	K	C	M
200 Kg/Ha	110 Kg/Ha	275 Kg /Ha	150 Kg /Ha	50 Kg/Ha

Il est à signaler que certains agriculteurs procèdent à l'analyse de leurs sols avant tout amendement.

IV.1.5. Évolution de la culture de la fraise période 2002 à 2018 .

On constate que le rendement de la fraise dans la wilaya de Jijel est en augmentation continue depuis 2002 jusqu'à la fin de l'année 2017.

Une estimation d'un rendement de 18675 a été faite pour la fin de l'année 2018 (voire la courbe). Les agriculteurs sont toujours à la recherche d'une variété qui répond à leur exigence (précocité de fruit, rendement, la résistance de fruit ..ect), actuellement on note la présence de l'utilisation de 18 variétés différentes dans la wilaya de jijel (CAW, 2018).

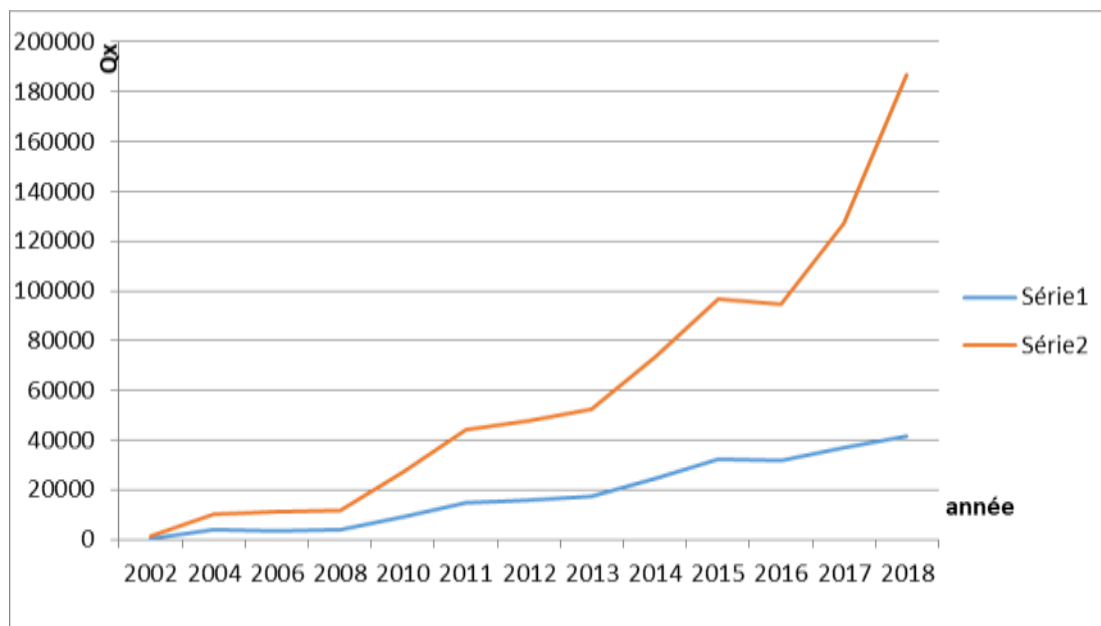


Figure 08 : Évolution du rendement de la fraise (2002 - 2018)

Serie 1 : la superficie utilisée dans la culture de la fraise.

Serie 2 : la production de la fraise par année

IV.1.6. Répartition de la culture de la fraise par commune

La culture de la fraise est introduite au niveau de 12 communes répandant aux exigences climatiques favorisant sa culture en l'occurrence les communes de Sidi Abdelaziz ; Oued Adjoul ; El Ancer ; Beni H'bib ; El Kennar ; Emir A. Kader ; Chekfa ; El Aouana ; Taher ; El Milia ; Kaoues ; Jijel. La commune de Sidi Abdelaziz occupe la première place en matière de superficie (100ha) et de production suivi des communes Oued Adjoul (74ha) ; El Ancer (60ha) et Beni H'bib (58ha) sur un ensemble de 415 ha totalisant plus de 550 agriculteurs (CAW, 2018).



Figure 09 : la carte de la répartition de la fraise par commune .

Tableau (14) : Répartition de la culture de la fraise par commune dans la région de jjel.

Commune	Superficies plantées (ha)	Estimation productrice (Qx)	% commune/ wilaya
Jijel	0.24	108	0.06
Kaoues	5.84	2628	1.41
Sidi Abdelaziz	100.08	45036	24.14
El Kennar	33	14850	7.96
Béni H'bib	58	26100	13.99
El Ancer	60	27000	14.47
Oued Adjoul	74	33300	17.85
Taher	11.06	4977	2.67
Chekfa	24.52	11034	5.91
El Aouana	12.52	5634	3.02
El Milia	7.24	3258	1.75
Emir A. Kader	28.4	12780	6.85
Total	414.66	186705	

VI.2. Evaluation de risque de contamination des fertilisants (engrais chimiques) par les ETM : Résulta et Discussion

Une grande quantité de produits chimiques est appliquée chaque année sur les sols agricoles sous forme d'engrais et de pesticides. De telles applications peuvent entraîner l'augmentation des métaux lourds en particulier le Cd, le Pb et l'As (Atafar et al., 2010).. Diverses sources de cette contamination, parmi ces sources la roche mère (Sabih-Javied et al., 2008). L'objectif de ce travail est d'évaluer la contamination des fertilisants utilisés par les agriculteurs de la région dans la culture de la fraise par les métaux lourds.

IV.2.1. Identification et dosage des éléments trace métalliques (ETMs) dans les fertilisants

Le logiciel XL nous a permis de faire les calculs des statistiques élémentaires (moyenne et écarts types) mettre en place des représentations graphiques des résultats (histogrammes). On a utilisé aussi le logiciel R pour le calcul de l'Analyse de la Variance (ANOVA) et la composante principale (ACP). Pour rappel l'ANOVA à un facteur permet de tester si les différences existants entre les moyennes de différents types d'engrais chimique sont

significatives ou non. L'ACP est une méthode descriptive multidimensionnelle permet de décrire les corrélations existantes entre les différentes variables quantitatives, les ressemblances et les dissemblances entre les échantillons.

IV.2.1.1. Engrais 16.08.24 (E1)

Les résultats des teneurs en métaux lourds totales pour les échantillon d'engrais, pour (16.08.24) les trois répétitions sont enregistrés dans le tableau (15) ci-dessous et représenté graphiquement dans la figure 10.

Le dernière manipulation a donné un résultat loin de deux autres et qu' est pas été prise en considération.

l'engrais (E1) est riche en métaux cuivre et zinc, elles sont de l'ordre de $(74,26 \pm 3.42)$ mg/kg et $(156,91 \pm 15,63)$ mg/kg respectivement et une faible concentration en cadmium (traces).

NB: pour le dosage du zinc ; les quatre échantillon d'engrais on été dilués a un dixième (10^{-1}) .

Tableau 15 : Concentrations totales des métaux lourds dans l'engrais E1 (16.08.24)

Engrais	Concentration (mg/Kg)		
	Cd	Cu	Zn
E1 (16.08.24)	0,035	79,01	163,05
	0,09	71,05	172,25
	0,065	72,72	135,45
Moyenne	0.0625	74,26	156,91
Ecart-type	0,0388	4,20	19,15

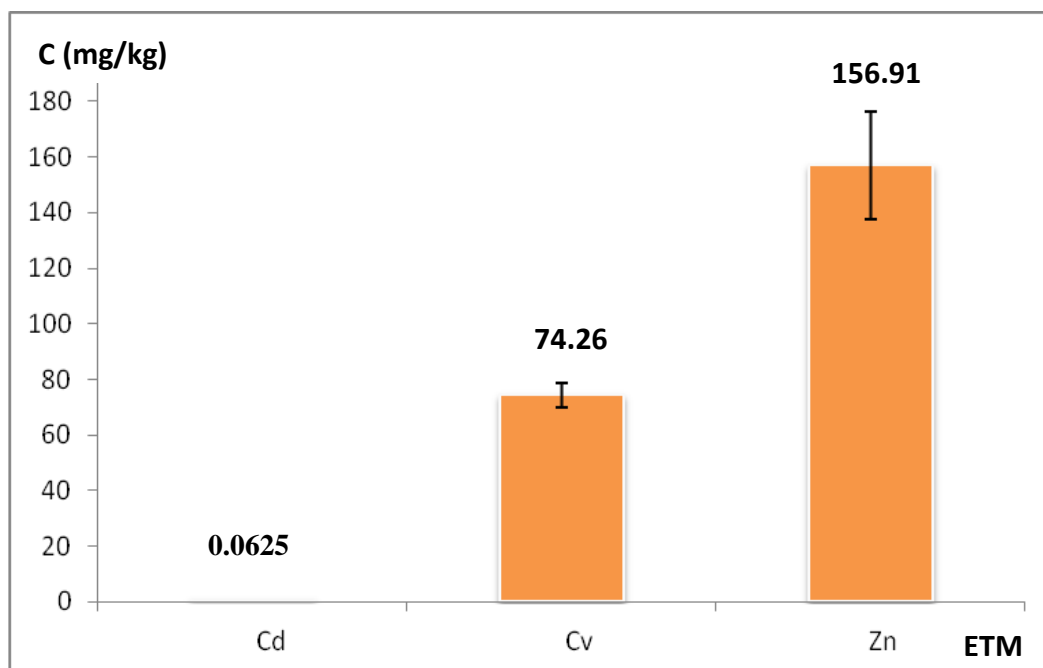


Figure 10 : Concentrations du Cd, du Cu et du Zn dans l'engrais E1 (16.08.24)

IV.2.1.2. Engrais 15.15.15 (E2)

Les résultats des teneurs en métaux lourds totaux dans le fertilisant (E1) sont représentés dans le tableau ci-dessous (16) dans le l'engrais 15.15.15, les concentrations totales de cadmium, cuivre et du zinc sont 5,88 mg/kg, 10,95 mg/kg et 10,46 mg/kg respectivement, la figure 11, montre que l'engrais E2 (15.15.15) contient du cadmium, du cuivre et du zinc avec des concentrations différentes.

Tableau (16) : Concentrations totales des métaux lourds dans l'engrais E2 (15.15.15).

Engrais	Concentration (mg/Kg)		
	Cd	Cu	Zn
E2 (15.15.15)	4,89	11,48	113,6
	2,27	11,48	103,68
	2,27	9,89	96,55
moyenne	3,15	10,95	104,6
Ecart-type	1,15	0,92	8,55

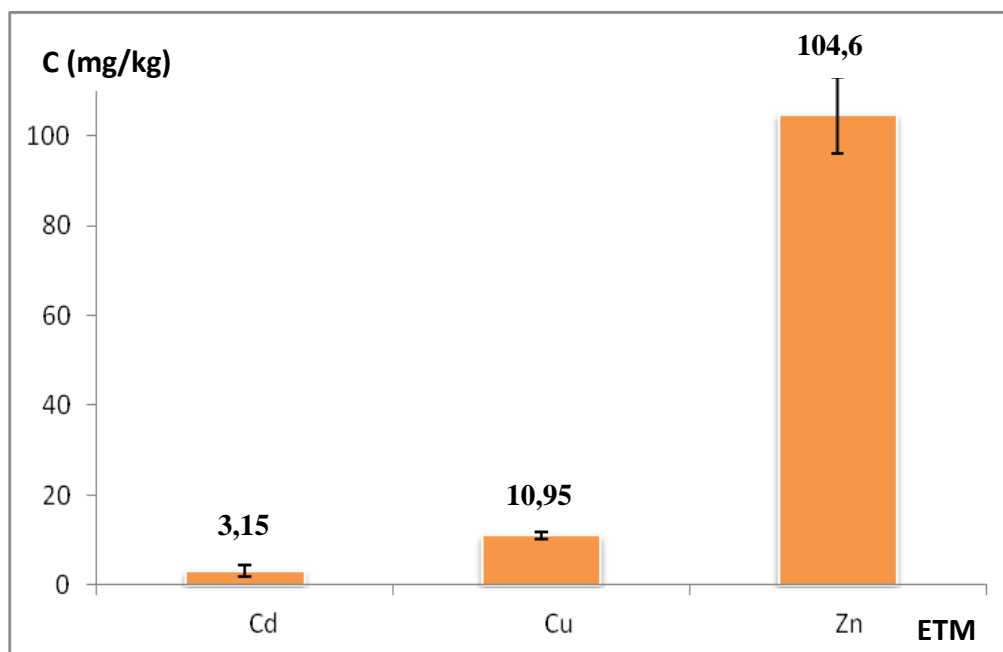


Figure 11 : Concentrations de Cd, de Cu et de Zn dans l'engrais E2 (15.15.15).

IV.2.1.3. Engrais 30.10.10 (E3)

Les variations des concentrations totales sont représentées dans le tableau 17, la quantité en métaux lourds pour l'engrais (30.10.10) varie d'un métal à l'autre. La valeur la plus grande est enregistrée pour le cuivre avec 67,23 mg/kg. La valeur la plus faible est celle du cadmium avec 0.44 mg/kg. La figure 12 montre aussi que la valeur de zinc est assez importante, elle est de l'ordre de 15.90 mg/kg.

Tableau (17) : concentration totale des métaux lourds dans l'engrais E3 (30.10.10)

Engrais	Concentration (mg/Kg)		
	Cd	Cu	Zn
E3 (30.10.10)	0,37	74,75	182,5
	0,47	74,03	150,4
	0,27	59,67	144,15
Moyenne	0,37	69,48	159,03
Ecart -type	0,10	8,50	20,60

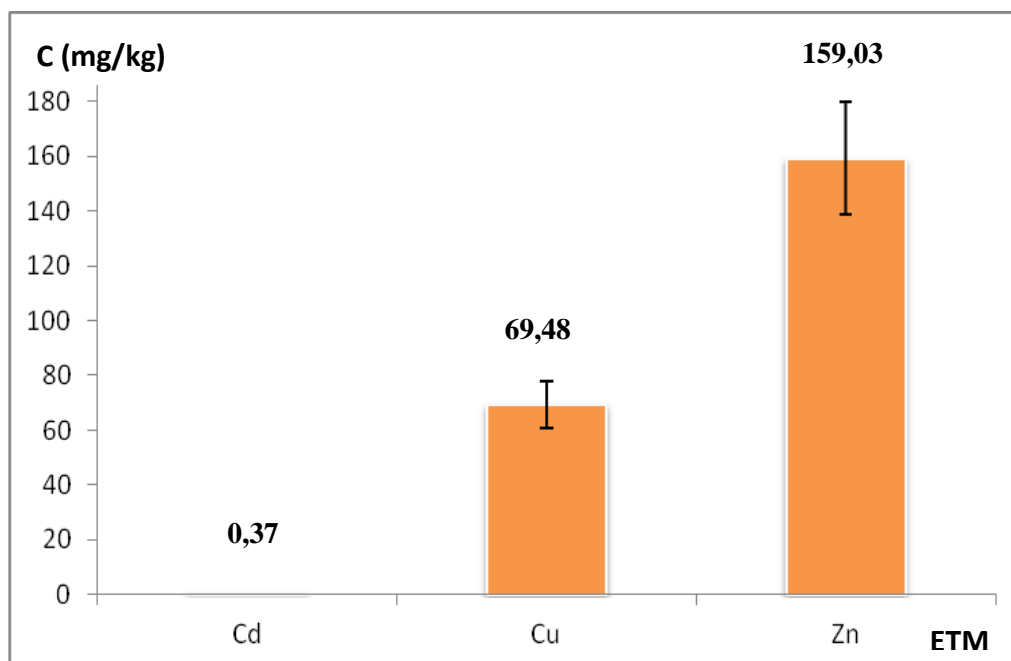


Figure 12 : Concentrations de Cd, de Cu et de Zn dans l'engrais E3 (30.10.10).

IV.2.1.4. Engrais 18.44.00 (E4)

Les concentrations totales des métaux lourds au niveau de l'engrais sont représentés dans la figure 13, l'analyse montre une variation des concentrations, la valeur maximale est attribuée au zinc, elle est de l'ordre de 113,90 mg/kg. Le tableau (18) montre que l'engrais 18.44.00 contient les trois métaux avec une valeur minimale $0,47 \pm 0,32$ mg/kg pour le cuivre.

Tableau (18) : Concentrations totales des métaux lourds dans l'engrais E4 (18.44.00)

Engrais	Concentration (mg/Kg)		
	Cd	Cu	Zn
E4 (18.44.00)	2,61	0,24	89,2
	2,48	0,24	108,37
	3,53	0,93	144,15
moyenne	2,87	0,47	113,90
Ecart- type	0,57	0,39	22,8897

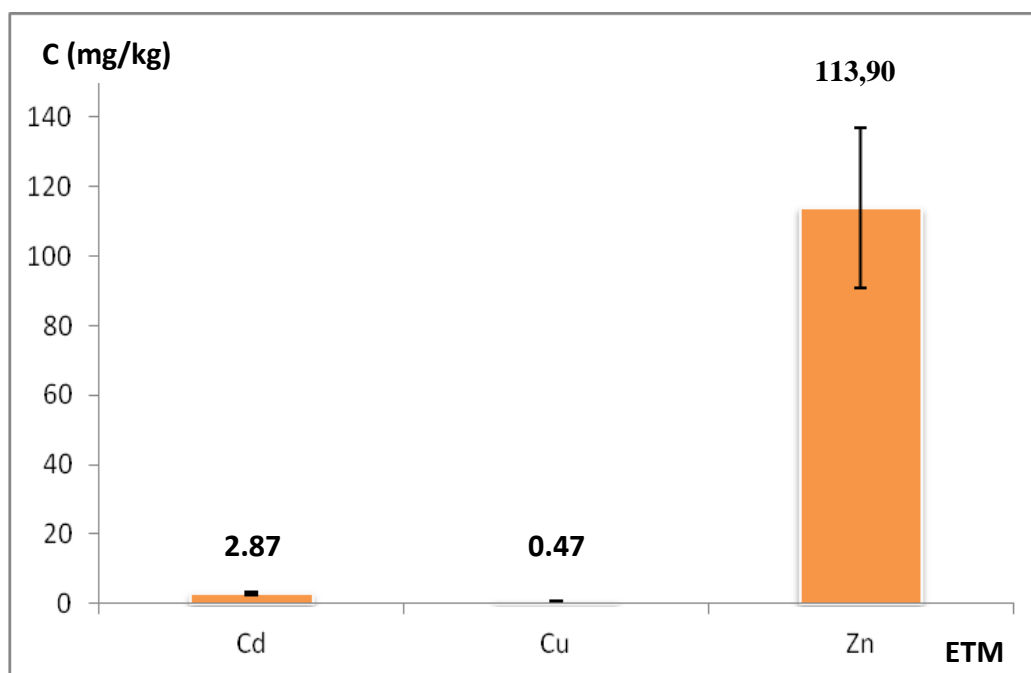


Figure 13 : Concentrations de Cd, de Cu et de Zn dans l'engrais E4 (18.44.00)

IV.2.2.Comparaison des teneurs moyenne des ETMs totales dans les formulations des fertilisants étudiés

IV.2.2.1.Zinc

Les concentrations totales observées pour le zinc dans les quatre échantillons de fertilisants chimiques sont représentées dans la La figure 14 ci-dessous . C'est dans les fertilisants E1(16.08.24) et E3 (30.10.10) qu'on trouve les teneurs en zinc les plus élevées ($156,9 \pm 19,15$) mg/kg, ($159,03 \pm 20,60$) mg/kg respectivement. Les fertilisants E2 (15.15.15) et E4 (18.44.00) contiennent des concentrations moins élevées de l'ordre de ($104,68 \pm 8,55$) mg/kg et de ($113,90 \pm 20,60$) mg/kg respectivement.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que la concentration de zinc est significativement différente entre les quatre types d'engrais ($F= 5.881$, $p=0.0202$), tableau (19).

Cependant le test de tukey (voir l'annexe) nous permet de ressortir trois groupes

(groupe 01 (E1 : ab, E4 : ab) et groupe 02 (E2 : a) et groupe 03 (E4 : b).

Tableau (19): variation des concentrations moyennes totales en zinc par les quatres différentes engrais .

Zinc			
	Moyenne	SD	classement
E1	156,91	19,15	ab
E2	104,68	8,55	a
E3	159,03	20,60	b
E4	113,90	27,88	ab

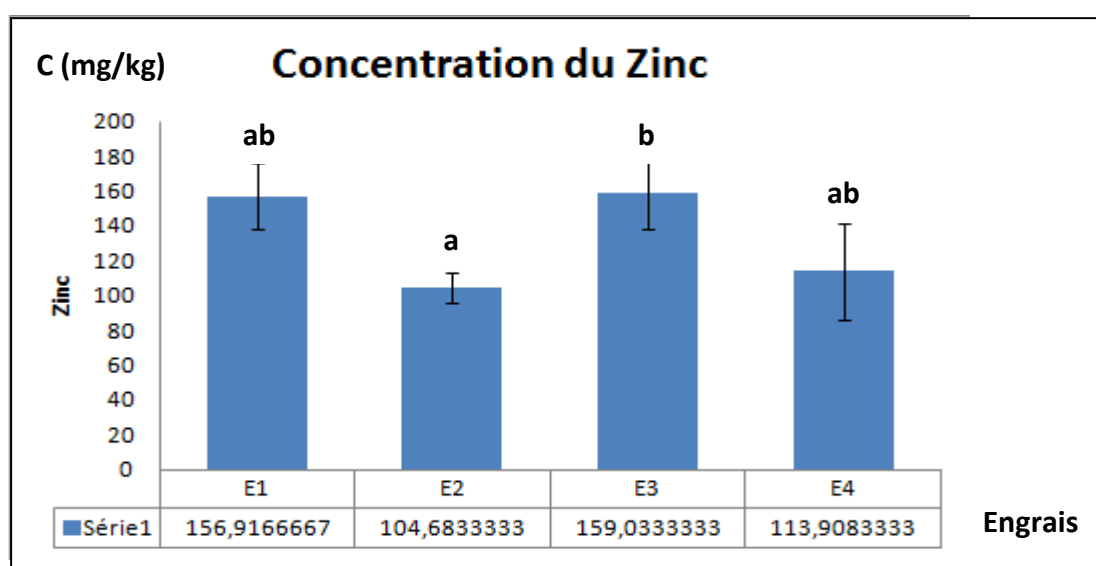


Figure 14 : Variations des concentrations moyennes en zinc dans les fertilisants étudiés.

IV.2.2.2. Le cadmium

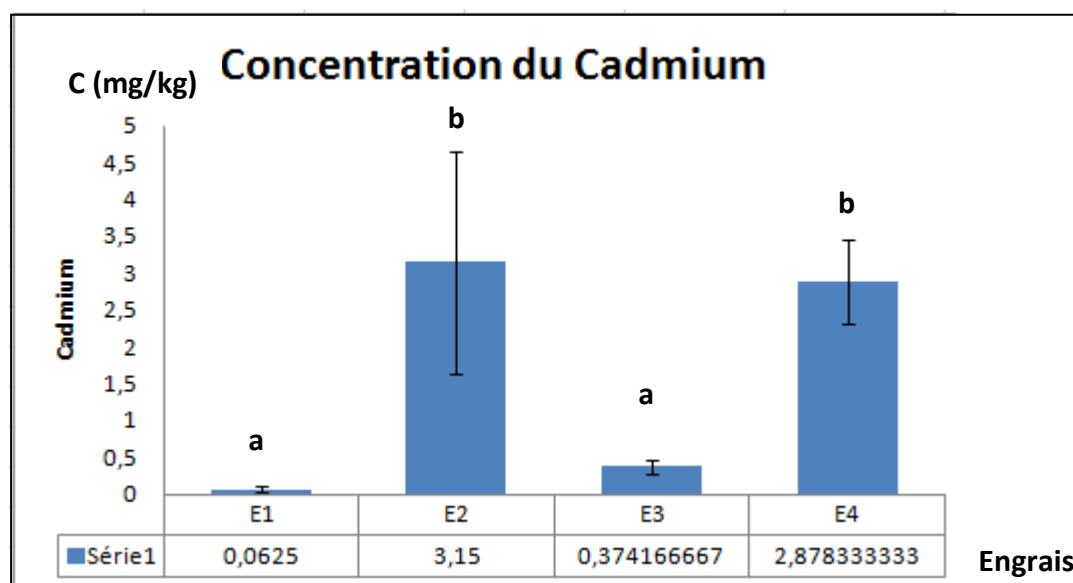
L'examen du tableau ci-dessous (20) Permet de constater que les valeurs du cadmium sont très fluctuantes. Les valeurs extrêmes du cadmium sont enregistrées dans les E2(15.15.15) et E4 (18.44.00) avec une moyenne de (3.15 ± 1.51) mg/kg et (2.87 ± 0.57) mg/kg, respectivement. En revanche, les engrais E1(16.08.24) et E3(30.10.10) contiennent les concentrations les moins faibles.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que les variations des concentrations de Cd est hautement significatif entre les quatre types d'engrais ($F= 9.37$, $P= 0.00075$).

Cependant le test de tukey (voir l'annexe) nous a permis de ressortir aussi deux groupe (groupe 01 : E1, E3 : a) et Groupe 02 : (E2, E4 : b).

Tableau (20) : Variation des concentrations moyennes en cadmium dans les fertilisants étudiés.

Cadmium			
	Moyenne	SD	classement
E1	0,062	0,038	a
E2	3,15	1,51	b
E3	0,37	0,10	a
E4	2,87	0,57	b

**Figure 15 :** Variations des concentrations moyennes en cadmium dans les fertilisants étudiés (en mg/kg).

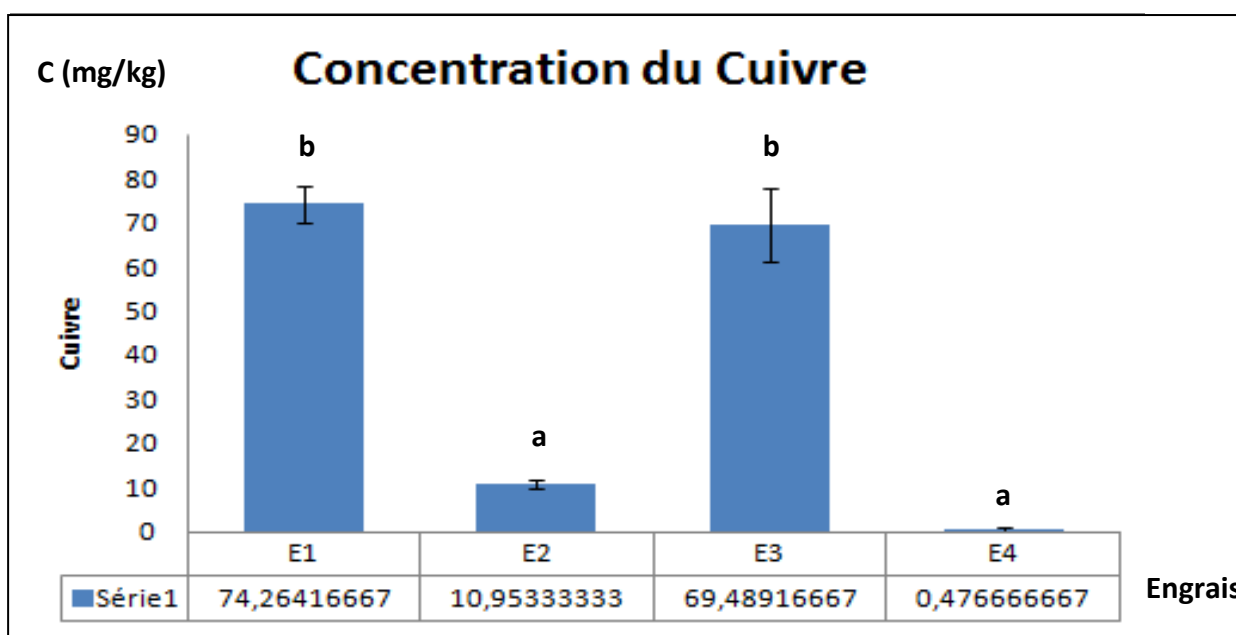
IV.2.2.3. Le cuivre

Ce tableau (21) ci-dessous nous montre que les teneurs en cuivre des quatre classes d'engrais est plus élevée que pour les engrais E1 (16.08.24) et E3 (30.10.10) analysés. Elle est de l'ordre de (74.26 ± 4.20) mg /kg, $(69,48 \pm 8,50)$ mg/kg. Et il en résulte une moyenne faible dans les engrais E2 (15.15.15) est a (10.95 ± 0.90) mg/kg. Et une moyenne plus faible pour l'engrais E4 (18.44.00) avec des teneurs (0.47 ± 0.39) mg/kg.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre que la concentration de cuivre est hautement significatif ($F= 195.3, P= 8.06 \times 10^{-8}$). Cependant le test de Tukey (voir l'annexe) nous a permis de ressortir deux groupe (groupe 01 : E1, E3 : b) et Groupe 02 : (E2, E4 : a).

Tableau (21) : Variations des concentrations moyennes en cuivre dans les fertilisants étudiés.

CUIVRE			
Engrais	Moyenne	SD	classement
Engrais 1	74,26	4,20	b
Engrais 2	10,95	0,92	a
Engrais 3	69,48	8,50	b
Engrais 4	0,47	0,39	a

**Figure 16:** Variation des concentrations moyennes totales en cuivre par les quatre différents engrais (mg/kg).

IV.2.3. Analyses en composantes principales (A.C.P)

L'analyse en composante principale (A.C.P) a été effectuée sur un tableau de 03 variables (Cd, Cu, Zn) et de 04 échantillons. La projection des variables sur le plan factoriel F1 et F2 montre (figure 17) : l'axe F1 est fortement corrélé positivement avec le Zinc (Zn) et le Cuivre (Cu) et négativement avec le cadmium (Cd). On peut conclure que cet axe oppose les deux éléments (Cu et Zn) à l'élément Cd.

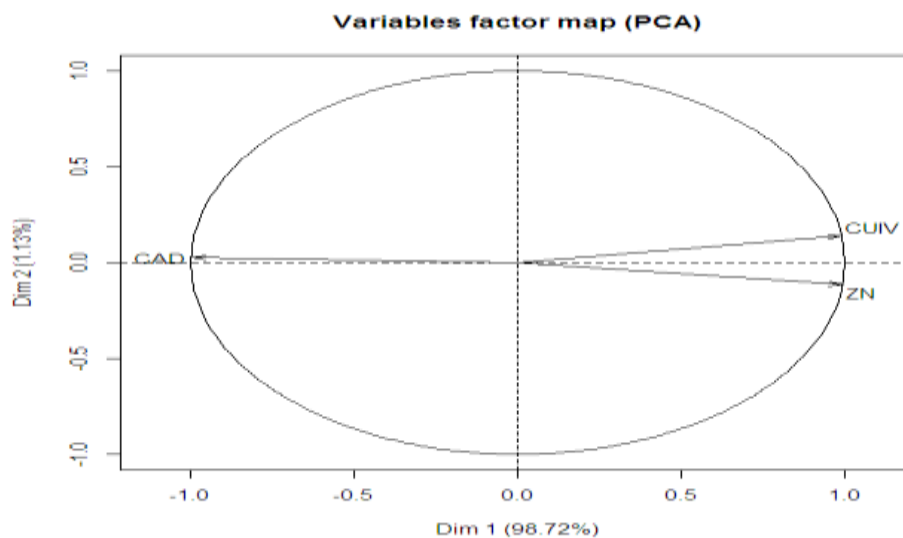


Figure 17 : Représentation des variables (Cd, Zn, Cu) dans le plan factoriel F1 et F2.

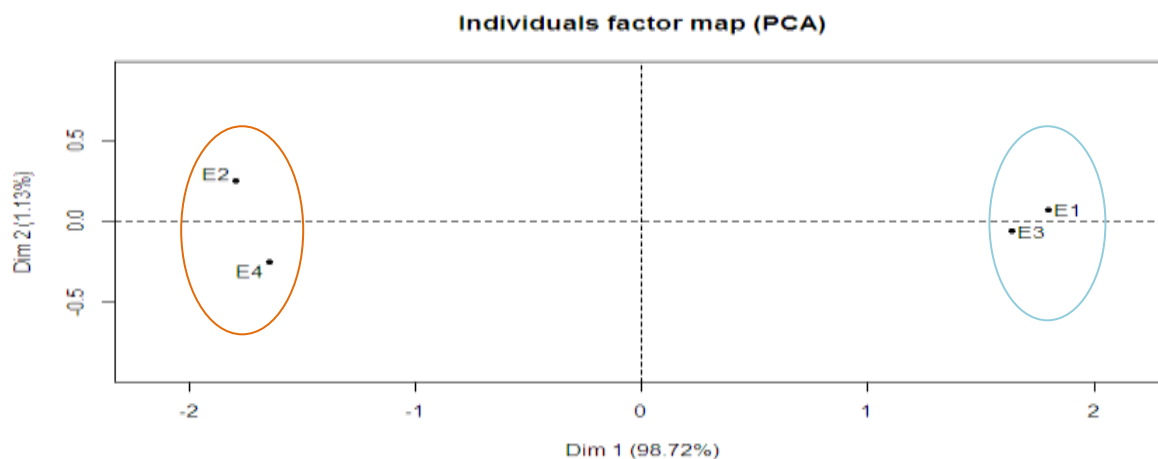


Figure18 : Représentation graphique des 04 engrais dans le plan factoriel F1 et F2.

La projection des engrais sur le plan factoriel F1 et F2 (figure 14) montre que : l'axe F1 est fortement corrélé positivement avec l'E1 (16.08.24) et E3 (30.10.10) et négativement avec les engrais E2 (15.15.15) et E4 (18.44.00). On peut construire deux groupes des engrais : groupe 01 (E1 et E3) et groupe 02 (E2, E4).

On déduit qu'il y a une opposition entre les engrais du premier groupe (E1 et E3) qui ont une forte concentration du Cu et Zn et une faible concentration du cadmium avec ceux du deuxième groupe (E2 et E4) qui ont une forte concentration de Cd et une faible concentration en Cu et en Zn.

En comparant nos résultats des teneurs des ETM obtenus dans les engrais E1, E2, E3, E4 qu'on a étudié, avec des résultats trouvés par d'autres chercheurs du même domaine. Nous constatons par exemple que, nos résultats concernant la formulation (15.15.15), contient 10.46 ppm du Cd, dans une autre étude **Mekircha (2008)**, signale que le (15.15.15) contient 9.35 ppm du Cd. En ce qui concerne la formulation (30.10.10), la teneur en Cd est bien inférieure à celui trouvé par Mekircha en 2008 (7.57 ppm). Une comparaison de nos résultats avec une étude récente (Latifil et Jalali, 2018), nos valeurs sont plus ou moins comparables avec les résultats obtenus par ces chercheurs.

Dans la législation canadienne-chinoise (voir annexe), les valeurs du Cadmium ne dépassent pas ces normes.

Conclusion

La culture de la fraise dans notre région, est devenue une activité agricole incontournable pour le développement du secteur agricole, et qui participe à l'amélioration du niveau de vie de certaines catégories de la population. L'enquête menée au cours de cette étude, montre l'importance de cette activité dans la vie des agriculteurs de ce secteur.

Les fertilisants sont des produits chimiques, utilisés pour améliorer la production agricole par un apport nutritif du sol cultivé. L'application intensive des fertilisants, contaminés par les métaux lourds, contaminent à leur tour le sol et par la suite la culture elle-même. C'est un paradoxe qu'il faut le prendre en considération puisqu'il s'agit de la santé humaine.

L'originalité de cette étude était donc d'évaluer le risque de contamination de la culture de la fraise par les éléments traces métalliques susceptibles d'être présents dans certains fertilisants utilisés dans cette culture.

Trois métaux lourds (Cd, Cu, Zn) ont été identifiés et dosés, les résultats ont montré clairement que les fertilisants analysés contiennent des quantités de cadmium, de cuivre et de zinc. Le plus inquiétant est la présence du cadmium, vu sa toxicité. Le cuivre et le zinc sont importants comme oligoéléments, ils ne présentent pas de problèmes particuliers pour l'environnement pour autant que l'utilisation des engrais minéraux respecte les besoins des plantes.

Pour éviter cette contamination les conseils suivants doivent être respectés :

- Faire des analyses périodiques des engrais, dosage des ETM, avant la mise sur le marché de ces fertilisants ;
- Eviter les apports excessifs des engrais.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Atafar, Z., Mesdaghinia, A., Nouri, J., Homae, M., Yunesian, M., Ahmad imoghaddam, M., & Mahvi, A. H.** (2010). Effect of fertilizer application on soil heavy metal concentration. *Environmental monitoring and assessment*, 160(1-4), 83.
- **Sabiha-Javied, T. Mehmood, M.M. Chaudhry, M. Tufail *, N. Irfan** (2009). Heavy metal pollution from phosphate rock used for the production of fertilizer in Pakistan. *Microchemical Journal* 91 (94–99).
- Anonyme (2005)** : Environnement et sécurité alimentaire, Parlons fertilisation, UNIFA Edition 2005, pp : 1-11.
- Anonyme (2014)**: L'essentiel de l'agroalimentaire et l'agriculture : Les pays émergents investissent la Méditerranée, Agroligne n° 87, janvier / février 2014, P : 52.
- Anonyme (2018)**: production et culture de la fraise- fraises label rouge, 23/6/2018, pp : 1-8.
- Anonyme, (2003)** : Engrais et matières fertilisantes : Bénéficiez de l'expertise SGS, N°253 Juin 2013, pp : 1-2.
- Anonyme, (2016)** : Actes des Journées Scientifiques de la Medjerda Pour le bien-être de tous : un environnement protégé pour des terres mieux abreuviées, Medjez El bab (Tunisie), 9 et 10 novembre 2016, P : 363.
- Baize, D.,(2000)** : Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France). INRA Editions, Paris, pp.408
- Behanzin, J., Adjou, E., Yessoufou, G., Adjou,E** : Effet des sels de métaux lourds (chlorure de Cobalt et chlorure de Mercure) sur l'activité des hépatocytes. *Journal of Applied Biosciences*, 19 September 2014, pp : 7499– 7505.
- Ben ghnaya. A., Hamrouni. L., Mastouri. Y., hanana. M., et Charles. G., (2013)** : Impacts des métaux toxiques sur la végétation de la mine de Djebel Hallouf dans la région de Sidi Bouaouane à Bou Salem dans le Nord-Ouest de la Tunisie, *Geo-Eco-Trop.*, 2013,n° 37, 2,pp : 243 -254.

- Biney.C., Amuzu.A.T., Calamari d., kaba n., Mbome i.l., Naeve h., Ochumba. O., Osibanjo .O., Radegonde.V. & Saad.M.A.H., (1999) :** Etudes de métaux lourds, archives de documents de la FAO.
- Bissonnette.P, (2000) :** l'importance de bien nourrir, Comité Floralties, St-Pamphile Engrais, pp : 1-2.
- Bousdjira E., 2018-** La culture du fraisier et perspectives d'exportation. IPVW JIJEL (Inspection de la Protection des Végétaux de la Wilaya de Jijel).DSA (Bousdjira, 2018)
- CAW., 2018:** Chambre d'Agriculture de la wilaya de Jijel.
- CIDES, (2000):**La culture des fraises en serre : Guide de production, 11^{ème} édition, Décembre 2000, P : 36
- Cniel, Le Cadmium , Janvier 2009,pp :1-2.**
- Delalain.P, (2002) :** Spéciation des métaux : *Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air*, INERIS DRC- 02-39272-CHEN -N°03.060, 2001 DECEMBRE 2002, pp : 5.
- Dumont. D., et Libion. F, (2006):** Impact sur la santé des différents polluants : quels effets à court, moyen et long terme ? UCL- RESO Dossier technique 06-38, Janvier 2006, pp:19-21.
- Draft (2012) :** Manuel de formation statistiques sur les engrais en Afrique, Abuja, pp :23-34.
- DSA., 2018 :** Derecoction de Secteur d'Agricol.
- DSA.,2013:** Derecoction de Secteur d'Agricol.
- El Hachimi.M.L., Fekhaoui.M., El Abidi.A., Rhoujatti.A. (2014) :** Contamination des sols par les métaux lourds à partir de mines abandonnées : le cas des mines Aouli-Mibladen-Zeïda au Maroc, Cah Agric, vol. 23, n8 3, mai-juin 2014, pp : 213-219.
- Fert'ill, (2003) :** Quelle forme d'engrais minéral choisir ?, FERTILL , N°. 50 avril. 2003, pp :1-10.
- FERTIAL ., 2013-**Les fertilisants d'Algérie. Fertilisation et analyse du sol. Communication de la journée de la fraise. Communication(**FERTIAL, 2013**)
- Gabriel. C., (2009) :** les engrais, mai 2009, pp:1-5.

- Gandois, L., Probst, A., Dumat, C., (2010) :** Modelling trace metal extractibility and solubility in French forest soils by using soil properties. *Eur J Soil Sci.* pp: 271-286
- Gauthier, M.J., Clément, a, R.L., Flataua, a, G.N., Amiardb, J.-C.,** Accumulation du cadmium par les bactéries marines à Gram négatif selon leur sensibilité au métal et leur type respiratoire , *OCEANOLOGICA ACTA 1986- VOL. 9 - W 3, 1986, pp :1.*
- Giroux, M., Chassé, R., Deschênes, L., et Côté, D., (2005) :** les éléments traces métalliques (ETM) : leur accumulation dans les sols agricoles du Québec, *Conservation des ressources, juin 2005, pp : 1-4.*
- Hauert, P, (2012) :** L'importance des engrais, *Grossaffoltern, P : 100.*
- Kabata-pendias, A. (2011).** Trace elements in soils and plants, 4th. ed. ed. CRC Press, Boca Raton
- Kolai T ., 2018-Irrigation localisée de la fraise.SARL AGROINDUSTRIE.Groupe Kherbouche. IRRIGATION (Kolai , 2018)**
- Kozłowski R., Kozłowska J., Grabowska L., Mankowski J., Szpakowska B(2003) :** Métaux lourds dans l'environnement, menaces et possibilités de riposte. **Institut des Fibres Naturelles, Poznan, Pologne. Centre de recherche pour l'Agriculture et la Forêt.**
- Latifi, Z., & Jalali, M. (2018).** Trace element contaminants in mineral fertilizers used in Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- Lucas E., Vincenot D., 2006-Le fraisier.Fiche technico-économique.Chambre d'agriculture Réunion.Ed 2006.fraisier (Lucas & Vincenot, 2006)**
- Manouchehri, N et Bermond, A., (2010) :** Mobilité et biodisponibilité des Éléments Trace Métalliques (ETM) du Sol : Approches physicochimiques *AgroParisTech, Anses :Bulletin de veille scientifique no 13, Mars 2011, P :5.*
- Mench, M, et Baize, D, (2004) :** contaminations des sols et de nos aliments d'origine végétale par les éléments en traces mesurent pour réduire l'exposition, *courrier de l'environnement de l'INRA n°52, septembre 2004 .pp :31.*

Mekircha F .,2008-Evaluation du risque de contamination environnementale par les métaux lourds susceptibles d'être présents dans les produits fertilisants agricoles.Mém.Mag.Ecotoxicologie.Univ Jijel.150p

**-MINISTÈRE DE LA SANTÉ PUBLIQUE ET DE L'ASSURANCE MALADIE.,
DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ, (1992) :** La diagonale des métaux.
Paris, 31 p.

-Miquel.M.G (2001) : Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, déposé le 5 avril 2001, Sénat France, P : 365.

-Pansu M., Gautheyrou J., Loyer J.Y., 1998. L'analyse du sol ; échantillonnage, instrumentation et contrôle, édition MASSON, paris ISBN : 2-225-83130-0, 497 p

-Société ACI.,2017-ACI et le développement de la culture de la fraise en Algérie.
ACI NEWS.n°13-pp1-2-4.

-Tremel-schaub,A., et Feix,I, (2005) : Contamination des sols :Transferts des sols vers les plantes, EDP Sciences et ADEME editions, France,P : 422.

Um5a_fsr/Filière SMC/S4/Module 14/E2:Techniques Spectroscopiques/Chapitre I/A. ELHAJJI .

Sites web

1-<http://blog-domi.over-blog.fr/2018/04/un-peu-de-botanique-avec-la-fraise.html>
(Consulté le 15.06.2018)

2-<http://www.fao.org/docrep/005/V3640F/V3640F04.htm> (Consulté le 02.06.2018)

3-<http://www.fao.org/docrep/005/V3640F/V3640F04.htm#ch4.2> (Consulté le 02.06.2018)

4-<http://www.chanvre-info.ch/info/fr/Metaux-lourds-dans-l-environnement.html>.
(Consulté le 04.06.2018)

5-<https://www.connaissances-savoirs.com/les-plantes-hyperaccumulatrices-de-metaux-lourds-jean-pierre-jost-yan-chim-jost-tse.html/> (Consulté le 05.06.2018)

6-<https://www.lenntech.fr/data-perio/cu.htm#ixzz5Jkm0ZTpp> (Consulté le 08.06.2018)

- 7-**<http://fertilisation-edu.fr/nutrition-des-plantes/le-role-des-elementes-nutritifs/oligo-elementes.html> (consulté le 10.06.2018)
- 8-**<https://www.lenntech.fr/francais/data-perio/zn.htm#ixzz5Jksn6s9P> (consulté le 16.06.2018)
- 9-**<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/ar/2396/2395/apports-indirects-metaux-lourds-dautres-substances.html> (consulté le 20.06.2018).
- 10-**<http://www.inspection.gc.ca/vegetaux/engrais/circulaires-a-la-profession/t-493/fra/1305611387327/1305611547479> (consulté le 22.06.2018).
- 11-**<https://wikidz.org/fr-production-de-la-fraise-%C3%A0-jijel>

Analyse de la variance ANOVA

	Engrais	Cadmium	CD*V/P	Moyenne	Ecart-type
16.08.24	E1	0,0014	0,035	0,0625	0,03889087
	E1	0,0036	0,09		
	E1	0,0026	0,065		
15.15.15	E2	0,1958	4,895	3,15	1,51121433
	E2	0,0911	2,2775		
	E2	0,0911	2,2775		
30.10.10	E3	0,015	0,375	0,37416667	0,10125257
	E3	0,019	0,475		
	E3	0,0109	0,2725		
18.44.00	E4	0,1047	2,6175	2,87833333	0,57268192
	E4	0,0993	2,4825		
	E4	0,1414	3,535		

	Engrais	Cuivre	CD*V/P	Moyenne	Ecart-type
16.08.24	E1	3,1607	79,0175	74,2641667	4,20083796
	E1	2,842	71,05		
	E1	2,909	72,725		
15.15.15	E2	0,4594	11,485	10,9533333	0,92087368
	E2	0,4594	11,485		
	E2	0,3956	9,89		
30.10.10	E3	2,9903	74,7575	69,4891667	8,50699136
	E3	2,9614	74,035		
	E3	2,387	59,675		
18.44.00	E4	0,0099	0,2475	0,47666667	0,39692831
	E4	0,0099	0,2475		
	E4	0,0374	0,935		

	Engrais	Zinc	CD*V/P	Moyenne	Ecart-type
16.08.24	E1	0,6522	163,05	156,916667	19,1513272
	E1	0,689	172,25		
	E1	0,5418	135,45		
15.15.15	E2	0,4544	113,6	104,683333	8,5519491
	E2	0,4156	103,9		
	E2	0,3862	96,55		
30.10.10	E3	0,7302	182,55	159,033333	20,6043887
	E3	0,6016	150,4		
	E3	0,5766	144,15		
18.44.00	E4	0,3568	89,2	113,908333	27,8897644
	E4	0,4335	108,375		
	E4	0,5766	144,15		

Cadmium

AnovaModel.1 <- aov (cadmium ~ Engrais, data=tab1)

> summary (AnovaModel.1)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Engrais	3	21.073	7.024	9.374	0.00756 **
Residuals	7	5.245	0.749		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fit: aov(formula = cadmium ~ Engrais, data = tab1)

Linear Hypotheses:

	Estimate Std.	Error	t value	Pr(> t)
E2 - E1 == 0	3.0875	0.7902	3.907	0.0233 *
E3 - E1 == 0	0.3117	0.7902	0.394	0.9775
E4 - E1 == 0	2.8158	0.7902	3.563	0.0361 *
E3 - E2 == 0	-2.7758	0.7068	-3.927	0.0228 *
E4 - E2 == 0	-0.2717	0.7068	-0.384	0.9791
E4 - E3 == 0	2.5042	0.7068	3.543	0.0372 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- single-step method)

> cld(.Pairs) # compact letter display

E1	E2	E3	E4
"a"	"b"	"a"	"b"

Cuivre

> AnovaModel.2 <- aov(cuivre ~ Engrais, data=tab2)

> summary(AnovaModel.2)

	Df Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Engrais	3 13331	4444	195.3	8.06e-08***
Residuals	8 182	23		

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fit: aov(formula = cuivre ~ Engrais, data = tab2)

Linear Hypotheses:

	Estimate Std.	Error	t value	Pr(> t)
E2 - E1 == 0	-63.311	3.895	-16.255	<0.001 ***
E3 - E1 == 0	-4.775	3.895	-1.226	0.629
E4 - E1 == 0	-73.787	3.895	-18.945	<0.001 ***
E3 - E2 == 0	58.536	3.895	15.029	<0.001 ***
E4 - E2 == 0	-10.477	3.895	-2.690	0.103
E4 - E3 == 0	-69.013	3.895	-17.719	<0.001 ***

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- single-step method)

> cld(Pairs) # compact letter display

E1	E2	E3	E4
"b"	"a"	"b"	"a"

Le zinc

summary(AnovaModel.3)

	Df Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Engrais	3 7243	2414.5	5.881	0.0202 *
Residuals	8 3285	410.6		

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Fit: aov(formula = ZN ~ Engrais, data = tab3)

Linear Hypotheses:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
E2 - E1 == 0	-52.233	16.544	-3.157	0.0531 .
E3 - E1 == 0	2.117	16.544	0.128	0.9992
E4 - E1 == 0	-43.008	16.544	-2.600	0.1169
E3 - E2 == 0	54.350	16.544	3.285	0.0446 *
E4 - E2 == 0	9.225	16.544	0.558	0.9418
E4 - E3 == 0	-45.125	16.544	-2.728	0.0976 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Adjusted p values reported -- single-step method)

> cld(Pairs) # compact letter displa

E1	E2	E3	E4
"ab"	"a"	"b"	"ab"

L'Analyse d'ACP

Eigenvalues

	Dim.1	Dim.2	Dim.3
Variance	2.962	0.034	0.004

% of var.	98.723	1.129	0.148
Cumulative % of var.	98.723	99.852	100.000

Individuals

	Dist	Dim.1	ctr	cos2	Dim.2	ctr	cos2	Dim.3	ctr
E1	1.803	1.800	27.346	0.996	0.071	3.684	0.002	-0.089	43.971
E2	1.810	-1.793	27.142	0.981	0.248	45.269	0.019	0.021	2.589
E3	1.642	1.639	22.663	0.995	-0.063	2.926	0.001	0.094	49.411
E4	1.665	-1.645	22.849	0.976	-0.255	48.122	0.024	-0.027	4.029

	cos2
E1	0.002
E2	0.000
E3	0.003
E4	0.000

Variables

	Dim.1	ctr	cos ²	Dim ²	ctr	cos ²	Dim ³	ctr	cos ²
CAD	-0.998	33.646	0.996	0.025	1.867	0.001	0.054	64.487	0.003
CUIV	0.990	33.080	0.980	0.141	58.799	0.020	0.019	8.121	0.000
ZN	0.993	33.274	0.985	-0.115	39.334	0.013	0.035	27.393	0.001

> remove(ACP1.PCA)

Thème

Evaluation de la contamination des ETM de certains fertilisants utilisés dans la culture de fraises dans la région de Jijel

Nom et prénom : Mimoune Chahla, khesrani Sarrah

Date de soutenance : juillet 2018

Résumé

Ce travail a pour objet, dans un premier temps la réalisation d'une enquête sur les fertilisants utilisés dans la culture de la fraise dans la région de Jijel. Dans un deuxième temps l'évaluation de la contamination des ces fertilisants par les métaux lourds. A la lumière de l'enquête réalisée, nous constatons que les fertilisants les plus utilisés, dans la culture dans la fraise, sont surtout les fertilisant à base du N, P et K. Les résultats obtenus montrent, l'existence des traces des métaux lourds dans les formulations de fertilisants étudiés avec teneurs variables. Ainsi, nous avons pu constater que la formulation (16.08.24) contient du Cd (0.18 mg/kg), du Cu (74.26 mg/kg) et du Zn (156.91 mg/kg). La formulation (15.15.15) contient aussi du Cd (5.88 mg/kg), du Cu (10.95 mg/kg) et du Zn (10.46 mg/kg). La formulation (30.10.10) contient du Cd avec une concentration de 0,44 mg/ kg et des concentrations de l'ordre de 67.23 mg/kg et 15.90 mg/kg pour le Cu et le Zn respectivement. Pour la formulation (18.44.00), elle contient les concentrations suivantes (2.87, 0.47, 113.90) mg/kg du Cd, du Cu et du Zn respectivement également. En terme de risque sanitaire et environnemental, le plus inquiétant est la présence du Cd dans les formulations étudiées, vu ses effets nocifs. Les résultats obtenus dans cette étude, restent préliminaires, d'autres travaux sont nécessaires pour les confirmer.

Mot clés : fertilisants, Jijel, métaux lourd, Cd, Cu, Zn.

Abstract

The purpose of this work is, initially, to carry out a survey of fertilizers used in strawberry growing in the Jijel region. In a second time the evaluation of the contamination of these fertilizers by heavy metals. In the light of the survey carried out, we note that the most used fertilizers, in the strawberry culture, are mainly fertilizers based on N, P and K. The results obtained show the existence of traces of heavy metals in fertilizer formulations studied with varying contents. Thus, we found that the formulation (16.08.24) contains Cd (0.18 mg / kg), Cu (74.26 mg / kg) and Zn (156.91 mg / kg). The formulation (15.15.15) also contains Cd (5.88 mg / kg), Cu (10.95 mg / kg) and Zn (10.46 mg / kg). The formulation (30.10.10) contains Cd with a concentration of 0.44 mg / kg and concentrations of the order of 67.23 mg / kg and 15.90 mg / kg for Cu and Zn, respectively. For the formulation (18.44.00), it contains the following concentrations (2.87, 0.47, 113.90) mg / kg of Cd, Cu and Zn respectively. In terms of health and environmental risk, the most worrying is the presence of Cd in the formulations studied, seen its harmful effects. The results obtained in this study, remain preliminary, further work is needed to confirm them.

Key words: fertilizers, Jijel, heavy metals, Cd, Cu, Zn.

ملخص

يهدف هذا العمل من جهة، إلى إجراء تحقيق حول الأسمدة المستخدمة في زراعة الفراولة داخل منطقة جيجل. ومن جهة أخرى إلى تقييم التلوث الناجم عن المعادن الثقيلة على هذه الأسمدة. في ضوء هذا التحقيق المحقق لاحظنا أن معظم الأسمدة المستخدمة في ثقافة زراعة الفراولة هي أساساً NPK تظهر النتائج التي تم الحصول عليها وجود آثار المعادن الثقيلة في صياغة الأسمدة مع محتوى المتغيرات. بالإضافة إلى ذلك يجب أن نلاحظ المستحضر (16.08.24) يحتوي على Cd (0.18mg / kg)، Cu (27.26mg/Kg) و Zn (156.91mg / kg). يحتوي المستحضر (15.15.15) أيضاً على Cd (5.88mg / kg)، Cu (10.95mg / kg) و Zn (10.46mg / kg). تتكون الصيغة (30.10.10) من Cd مع اتساق 0.44 mg / kg وتركيز 67.23 mg / kg و 15.99 mg / kg في ترتيب محترم لكل من Cu و Zn. ومع ذلك، تتكون الصيغة (18.44.00) من التركيزات التالية (2.87، 0.47، 113.90) ملغم / كغم من الكاديوم والنحاس والزنك في أمر محترم. من حيث المخاطر الصحية والبيئية على حد سواء، فإن وجود Cd في الصيغة المدروسة مثير للقلق للغاية بسبب آثاره الضارة. النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة لا تزال أولية وغيرها من الدراسات ضرورية لتأكيدتها.

الكلمات المفتاحية: الأسمدة، جيجل، المعادن الثقيلة، الكاديوم، النحاس، الزنك.