



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Toxicologie et Sécurité Alimentaire

Présenté par

ABID Hanane

BOUCHENAFI Houria

ABDERRAHMANE Kheira

Thème

**Étude de l'effet des techniques culturales (semi-direct et labour)
sur l'accumulation des métaux lourds dans les grains de blé dur
(*Triticum durum*) dans la région d'Oued Smar(Alger).**

Soutenu le : 13/07/2021

Jury :

Grade

Président : NEGADI Mohamed

« MCB »

Encadrant : RAHMOUNE Bilal

« MCA »

Co-encadrant : MESSADI Oussama

« Doctorant »

Examineur : BERAYAH Mohamed

« MCA »

Année universitaire 2020-2021

Remerciements

Je remercie dieu le tout puissant qui a fait que les choses tournent dans le sens qui ma permit de terminer ce travail.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance et nos vifs remerciements aux personnes qui ont bien voulu encadrer ce travail : notre encadrant Mr RAHMOUNE B., et notre Co encadrant Mr MESSADI O., d'avoir accepté de nous encadrer et de nous suivre tout au long de la réalisation de ce mémoire par leurs esprits scientifiques de haut niveau, et par leurs caractères de noblesse.

Nos profonds remerciements vont aussi au membre du jury pour avoir accepté l'examination et l'évaluation de notre travail, pour leurs remarques judicieuses et leurs otiques enrichissantes qui vont valoriser notre mémoire. Nous remercions vivement Mr NEGADI M., d'avoir accepté de présider le jury. Nous remercions Mr BERRAYAH M., d'avoir consacré de son temps pour examiner ce travail.

DEDICACES

Je tiens à dédier cet humble travail,

A ma très chère mère et mon très cher père qui m'ont soutenu durant toute ma vie.

A mes très chers frères

A mes très chères sœurs.

A toute la famille

HANANE

DEDICACES

Je remercie le bon DIEU le tout puissant qui m'a permis d'arriver ce but, je dédie en tout
modestie ce travail.

A ma mère et mon père tous leurs sacrifices, leurs a mourre, leur tendresse, leur soutien tout
ou long de mes études merci infiniment et que dieu vous garde.

A mes chers frères et très chère sœurs

A tout les membres de ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours
universitaire.

A toute personne que j'aime et qui m'aime.

KHEIRA

DEDICACES

A fin d'être reconnaissant en vers ceux qui m'ont appuyé et en courage à effecteur ce travail

de recherche, je dédie le mémoire:

A mon chers Mama **Mimouna** et à mon chers père **Mohamed** qui n'ont cessé de me combes

par leur amour et leur tendresse.

A mes chers frères et mes chères sœurs.

A mes chers sœur **Fatima Zohra** et son mari **Badre dine** et leur enfant **Mohamed Ayane**.

A tous les membres de ma famille sans aucune exception.

Et à tous que ma réussite leur tient à cœur.

HOURIA

TABLEAU DES MATIERES

Résumé.....	I
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des abréviations.....	V
Introduction.....	1

Chapitre I : Blé dur et itinéraire technique

1. Généralité sur le blé dur	3
2. Classification du blé dur (<i>Triticum durum</i>).....	3
3. Importance de blé dur	4
3.1. Dans l'alimentation humaine.....	4
3.2. Dans l'alimentation des animaux.....	4
4. Situation de la culture de blé dur.....	4
4.1. Dans le monde.....	4
4.2. En Algérie.....	5
5. Itinéraires techniques et conduites des céréales.....	6
5.1. Labour.....	6
5.2. Semis direct.....	6
6. Comparaison de les deux techniques culturel (labour semis direct).....	7

Chapitre II : Toxicité des métaux lourds

1. Généralité sur les métaux lourds.....	8
2. Différents types des métaux.....	8
2.1. Métaux toxiques et polluants	8
2.2. Métaux essentiels ou oligoéléments.....	8
3. Source agricole de contamination.....	9
4. Toxicité des végétaux par les métaux lourds.....	10
4.1. Effets du zinc sur les plantes.....	10
4.2. Effets du cadmium sur les plantes.....	10
4.3. Effets du cuivre sur les plantes.....	11

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Objectif de Travail.....	12
2. Présentation de la zone d'étude	12
3. Situation géographique	12
4. Données climatiques	13
4.1. Précipitation.....	13
4.2. Température.....	13
5. Matériel végétale.....	14
6. Conduite des cultures.....	14
7. Echantillonnage et prélèvement.....	15
8. Extraction et dosage des métaux lourds.....	15
8.1. Préparation des échantillons de la plante (grains et paille).....	15
8.2. Dosage des métaux lourds.....	15

9. Analyses des métaux lourds.....	16
9.1. Appareillage.....	16
9.2. Principe.....	16
9.3. Limites de quantification.....	17

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Résultats et discussion.....	18
2. Comparaison des teneurs en métaux lourds entre les grains et les pailles.....	18
2.1. Le zinc.....	18
2.2. Le cuivre.....	19
2.3. Le cadmium.....	19
2.4. Le plomb.....	20
3. Effet des techniques de culture sur l'accumulation des métaux lourds.....	21
3.1. Le zinc.....	21
3.2. Le cuivre.....	21
3.3. Le cadmium.....	22
3.4. Le plomb.....	23
4. Concentrations et contamination des échantillons.....	23
5. Discussion général.....	24
Conclusion.....	25
Références bibliographiques.....	

Résumé

L'étude comparative de l'effet de deux techniques de culture : le semis direct et le travail conventionnel mené après 4 années d'expérimentations en zone subhumide algérienne a montré une différence d'accumulation des métaux lourds dans les grains et les pailles de blé dur (variété Waha). Pour les quatre métaux lourds dosés, le semis direct a exprimé les plus hauts teneurs par rapport à la technique conventionnelle basée sur le labour. Pour le zinc, dans les grains de semis direct la teneur est de 9,1 mg/l, tandis que dans le travail conventionnel est de 7,4 mg/l dans le même organe. Dans les pailles, des teneurs de 5,9 mg/l et 5,6 mg/l dans semis direct et travail conventionnel respectivement. De même pour le 2eme métal dosé, le cuivre dont des concentrations élevées ont obtenus par le technique semis direct par rapport à le travail conventionnel (semis direct : 5,5 mg/l et 4,8 mg/l dans les grains et pailles ; travail conventionnel : 5,2 et 4,5 mg/l dans les grains et pailles respectivement). Par ailleurs, le dosage du cadmium a enregistré des traces de l'ordre de 0,004 mg/l dans le technique semis direct et de 0.001 mg/l dans le travail conventionnel. En outre, nos résultats ont indiqué que le blé dur (Var Waha) ne contient aucune trace du plomb dans les deux techniques. Enfin, le calcul du degré de contamination et de toxicité des métaux lourds dans nos échantillons a montré que les concentrations obtenues sont loin d'être considérée dangereuse sur la santé des consommateurs.

Abstract

The comparative study of the effect of two cultivation techniques: direct sowing and conventional technique carried out after 4 years of experimentation in the Algerian sub humid zone showed a difference and accumulation of heavy metals in the grains and straws of durum wheat (variety Waha). For the four metered metals, direct seeding expressed the highest levels compared to the conventional technique based on plowing. For zinc, in the grains of direct sowing the content is 9.1 mg / l, while in the conventional technique is 7.4 mg / l in the same organ. In straws, contents of 5.9 mg / l and 5.6 mg / l in direct sowing and conventional technique respectively. Likewise for the 2nd metal dosed, copper, of which high concentrations were obtained by the direct sowing technique compared to the conventional technique (direct sowing: 5.5 mg / l and 4.8 mg / l in grains and straw; conventional technique: 5, 2 and 4.5 mg / l in grains and straws respectively). In addition, the cadmium determination recorded traces of the order of 0.004 mg / l in the direct sowing technique and 0.001 mg / l in the conventional technique. In addition, our results indicated that durum wheat (Var Waha) contains no trace of lead in either technique. Finally, the calculation of the degree of contamination and toxicity of heavy metals in our samples showed that the concentrations obtained are far from being considered dangerous for the health of consumers.

ملخص

أظهرت الدراسة المقارنة لتقنيتي الزراعة: البذر المباشر والعمل التقليدي المنفذ بعد أربعة سنوات من التجارب في المنطقة الجزائرية شبه الرطبة اختلافا وتراكما للمعادن الثقيلة في حبوب وقش القمح القاسي، بالنسبة للمعادن الأربعة التي تم قياسها، أظهر البذر المباشر أعلى المستويات مقارنة بالتقنية التقليدية القائمة على الحرث. بينما بالنسبة للزنك، يكون المحتوى في حبيبات البذر المباشر 9.1 ملج / لتر، بينما في التقنية التقليدية هو 7.4 ملج / لتر في نفس العضو في القش. محتويات 5.9 ملج / لتر و 5.4 ملج / لتر في كلا التقنيتين على التوالي وبالمثل. بالنسبة للجرعة المعدنية النحاس الثنائي، والتي تم الحصول على تركيزات عالية منها بتقنية البذر المباشر مقارنة بتقنية الحرث (البذر المباشر 5.5 ملج / لتر و 4.8 ملج / لتر في الحبوب والقش، أما تقنية الحرث 5.2 ملج / لتر و 4.5 ملج / لتر في الحبوب والقش على التوالي). بالإضافة إلى ذلك، سجل تقدير الكاديوم أثارا بترتيب 0.004 ملج / لتر في تقنية البذر المباشر و 0.001 ملج / لتر في التقنية التقليدية، بالإضافة إلى ذلك أشارت نتائجنا إلى أن القمح الصلب لا يحتوي على أي أثر للرصاص في أي من الطريقتين. عليها أخيرا أظهر حساب درجة التلوث والسمية في عيناتنا أن التركيزات التي تم الحصول عليها بعيدة كل البعد عن كونها خطرة على صحة المستهلكين.

Liste des figures

Figure 01 :	Production de quelque céréale dont le blé dur en Algérie au cours de la période 2000 2007.	05
Figure 02 :	Localisation de la station ITGC oued Samar.	12
Figure 03 :	Spectrophotomètre d'absorption utilisée durant notre étude (photo originale).	16
Figure 04 :	Teneur moyennes en zinc dans le grain et les pailles de blé dur dans les deux itinéraires technique TC et SD	18
Figure 05 :	Teneurs moyenne en cuivre dans les graine les paille de blé dur dans les deux itinéraires techniques TC et SD	19
Figure 06 :	Teneurs moyennes en cadmium dans les grains et les pailles de blé dur dans les deux itinéraires technique TC et SD	20
Figure 07 :	Teneur moyennes en zinc de l'effet de technique culturel (TC - SD) sur l'accumulation des métaux lourds.	21
Figure 08 :	Teneurs moyenne en cuivre de l'effet de technique culturel (TC - SD) sur l'accumulation des métaux lourds.	22
Figure 09 :	Teneurs moyennes en cadmium de l'effet de technique culturel (TC - SD) sur l'accumulation des métaux lourds.	22

Liste des tableaux

Tableau 01 :	Principaux producteurs et importateurs de blé dur dans le monde.	05
Tableau 02 :	Comparaison entre le labour et le semis direct.	07
Tableau 03 :	Données pluviométriques (mm) entre la période 2017-2021 d'oued Samar	13
Tableau 04 :	Température mensuelle moyennes de la période 2017-2021 exprimées en degré Celsius.	14
Tableau 05 :	Teneur en quelques métaux lourds dans les plantes (mg/kg de matière sèche).	24
Tableau 06 :	Calcul de degré de toxicités des métaux lourds.	24

Liste des abréviations

C° : degré Celsius.

Cd : Cadmium.

CMR : Concentration Macsimale Réglementaire.

Cu : Cuivre

FAO : organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

G : gramme.

g/cm³ : gramme par centimètre cube.

ha : Hectare.

Hcl: chlorhydrique.

NHO₃ : Acide Nitrique.

ITGC : Institut Technique des Grandes culture.

MADR : Ministère de l'agriculture et développement rural.

M : mètre.

Mha : million hectare.

mg/l : milligramme par litre.

m/kg : milligramme par kilogramme.

ml : millilitre.

mm : millimètre.

MT : million de tonnes.

Pb : plomb.

SAA : Spectroscopie d'absorption atomique.

SD : Semis Direct.

TC : Travail conventionnel.

Zn : zinc

% : pourcentage.

INTRODUCTION

Introduction

Le système agricole mondial fait face plusieurs défis, comme la diminution de la fertilité des sols, le déclin de la productivité des plantes et la dégradation de la durabilité des agroécosystèmes. Selon les estimations des Nations Unies, la population humaine mondiale devrait atteindre 9 milliards d'habitants d'ici 2050 (**Mishra et al. 2020**) et il y a eu une augmentation continue de la demande de nourriture et une pénurie simultanée de l'offre (**Kumar et al., 2017a**). Selon les rapports de la FAO (2020), d'ici 2050, pour répondre à la demande projetée, la production agricole devra augmenter de 70 %. Dans le même temps, les agriculteurs doivent prendre conscience que les pratiques agricoles durables sont fondamentales pour répondre aux futures demandes agricoles mondiales (**Klerkx et al. 2019**).

Parmi les facteurs qui peuvent influencer les rendements et la production végétale on trouve le travail du sol et les pratiques des techniques culturales, parce qu'ils ont des effets sur le sol et leurs composants, sur la rétention de l'eau et sur les caractéristiques biologiques du sol tel que le microbiome.... (**Labad et al. 2021**). L'agriculture conventionnelle basée sur le travail intensif du sol et la jachère a montré ses limites, devant la dégradation des sols et la stagnation des rendements. Devant ces problèmes, le défi majeur pour les agriculteurs reste le maintien des sols et la lutte contre l'érosion, l'augmentation de la productivité. Ceci peut être obtenu par l'introduction de nouveaux systèmes et pratiques de cultures basés sur la préservation et l'amélioration de la fertilité de sols, la productivité des cultures et la rentabilité économique (**Klerkx et al. 2019**).

Au cours de ces dernières années, le semis direct a connu un grand succès à l'échelle mondiale. Plusieurs travaux ont indiqué les avantages de ce système qui améliore la fertilité et la structure des sols, réduit les problèmes de battance, améliore la capacité de rétention en eau et réduit le temps de travail (**Labad et al. 2021**). Malgré ces bienfaits, le semis direct a montré aussi quelques défauts qui peuvent constituer des freins pour leur diffusion et application. Les modifications de populations des organismes du sol par ce le semis direct touchent aussi les adventices des cultures dont la difficile gestion de ces mauvaises herbes constitue un frein majeur au développement de cette technique de culture. Ceci amène les agriculteurs à une intense utilisation et application des produits phytosanitaires chimiques tels que les pesticides et les insecticides. Cela va augmenter les risques de contaminations des sols et des plantes par l'augmentation des taux des toxines et des métaux lourds (**Klerkx et al. 2019**).

De vastes étendues de terres ont été contaminées par des métaux lourds en raison de l'utilisation de pesticides, d'engrais ou autres déchets agricole (Yang et al., 2005). Bien que de nombreux métaux lourds soient présents naturellement dans la croûte terrestre à différents niveaux, le problème se pose lorsqu'ils sont rejetés en excès dans l'environnement. Au cours de l'évolution des plantes, seuls 19 éléments (sur 53 métaux lourds au total) tels que C, O, H, Mg, S, N, Ca, P et K (macronutriments) et Cu, Zn, Mn, Fe, Mo, B, Ni, Co, Cl, et B (micronutriments) participe dans quelques processus de métabolisme de base. Par exemple, le Zn est un cofacteur pour plus de 300 enzymes et 200 facteurs de transcription associés au maintien de l'intégrité membranaire, du métabolisme de l'auxine et de la reproduction (Ricachenevsky et al., 2013). Cependant, à des concentrations élevées, les métaux lourds produisent de graves symptômes de toxicité chez les plantes et, par conséquent, leur absorption et leur utilisation sont étroitement contrôlées par les cellules végétales (Yang et al., 2005). En plus des effets néfastes sur les plantes, les métaux lourds posent une sérieuse menace pour la santé humaine en raison de leur persistance dans la nature.

Dans ce contexte, notre travail s'inscrit dans le cadre d'évaluer l'effet, après quatre ans d'essais, des techniques de culture : technique conventionnel (labour) et semis direct sur l'accumulation des métaux lourds dans les grains les pailles de blé dur.

Pour répondre à ces objectifs, le présent travail s'articule autour de trois parties. La première partie aborde une synthèse bibliographique sur le blé dur et les techniques de culture de cette espèce et les métaux lourds. La deuxième, décrit le matériel ainsi que les méthodes utilisées durant cette étude. Et, la troisième décrit tous les résultats obtenus et les discute en les comparants avec d'autres travaux dans cet axe de recherche.

Une conclusion générale est donnée à la fin du présent travail en tirant les principaux résultats obtenus et quelques perspectives ont été suggérées

Synthèse bibliographique

CHAPITRE I
BLE DUR ET ITINERAIRE
TECHNIQUE

1. Généralité sur le blé dur

Les céréales et leurs dérivés constituent les principales ressources alimentaires pour l'Homme, en raison de leur richesse en éléments nutritif et de source et d'énergie, notamment les protéines et les sucres. Le blé est l'une des céréales connue depuis l'antiquité, sa culture est très ancienne, dès le néolithique. Il a été cultivé vers 7000 avant Jésus-Christ (**Ruel, 2006**). Le blé fait partie des trois grandes céréales avec le maïs et le riz. C'est la troisième espèce par importance de la récolte mondiale, et la plus consommée par l'Homme. Il sert également à l'alimentation animale en utilisant les pailles, et à des usages non alimentaires (**Feuillet, 2000**). Le blé appartient à la famille des graminées appelée aussi poacées, qui comprend plus 10.000 espèces différentes. Plusieurs espèces de ploïdie différentes sont regroupées dans le genre *Triticum* qui est un exemple classique d'allo-polyploïdie, dont les génomes *huméologues* dérivent de l'hybridation inter espèces appartenant à la même famille (**Levy et Feldman, 2002**). Le blé tétraploïde a été domestiqué dans les bassins du Jourdain, plus. Le blé tétraploïde s'est diversifié dans les centres secondaires représentés par les plateaux éthiopiens, le bassin méditerranéen et la Transcaucasie (**Huang et al. 2002**).

2. Classification du blé dur (*Triticum durum*)

D'après la classification proposée par Dhalgren et Clifford (1985), le blé appartient à :

Règne	Plantae
Sous –règne	Cormophyte
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Super-ordre	Commeliniflorales
Ordre	Poales
Classe	Monocotyledones
Famille	Graminées
Genre	<i>Triticum</i>
Espèces	<i>Triticum durum</i>

3. Importance de blé dur

L'importance du blé dur réside dans le fait qu'il participe d'une façon importante et diversifiée à l'alimentation humaine et des animaux (bétails), à la superficie qu'il occupe et à l'emploi qu'il génère en tant que principale culture céréalière.

3.1. Dans l'alimentation humaine

De nos jours, les céréales en général, le blé (dur et tendre) en particulier constituent l'un des principales sources alimentaires pour l'Homme et notamment dans les pays du Maghreb. Il présente, un rôle social, économique et politique dans la plupart des pays dans le monde. Dans l'alimentation humaine, le blé dur est destiné à la biscuiterie, la fabrication de semoule, ou de pâtes (Ammar, 2015). Outre ces utilisations classiques du blé dur, des nouvelles utilisations à échelle industrielle apparaissent depuis quelques années telles que la fabrication de bioplastiques à base de gluten ou d'amidon. Les principaux débouchés sont les sacs plastiques, les plastiques agricoles, les emballages et certains produits d'hygiène. Ces bioplastiques ont l'avantage par rapport à leurs homologues d'origine fossile d'être biodégradables et renouvelables (Olaiwan et al, 2010).

3.2. Dans l'alimentation des animaux

Les pailles de céréales (y'a compris les blés) peuvent être utilisées comme fourrage d'appoint dans les rations des bétails. Elles contiennent des quantités considérables en sucres solubles, en matières azotées, en minéraux et en vitamines. Généralement, elles sont utilisées en rotation avec d'autres sources tel que : les herbes, les foin ou l'ensilage (Devun et al, 2018).

4. Situation de la culture de blé dur

4.1. Dans le monde

Le blé dur (*Triticum durum*) est l'espèce la plus cultivée dans le bassin méditerranéen et il occupe dans le monde 5 % du total des terres réservées aux blés. Les prévisions de L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) indiquent que la production du blé dur va atteindre une production près de 774 million de tonnes (Mt) en 2021 (plus de 40 millions de tonnes de blé dur), dans une superficie totale comprise entre 15 et 20 millions d'hectares dont plus de la moitié est concentrée autour du Bassin méditerranéen et dans les pays du Moyen Orient (FAOSTAT, 2021).

Les plus grands producteurs de blé dur dans le monde sont l'Union Européenne avec une moyenne de production de 8 millions de tonnes (2020), suivi par la Chine, l'Inde, la Russie et les Etats-Unis avec une moyenne de production de 5,7 Mt, 5,2 Mt, 5 Mt et 4,8 Mt,

respectivement (Tableau 1). Cependant, sur le marché international l'Italie est le premier importateur de blé dur avec 4 Mt annuellement, suivi par la Turquie (3,6 Mt) et les pays de Maghreb (Algérie : 3,2 Mt ; le Maroc : 1,3 Mt et la Tunisie : 1,2 Mt) (Tableau 1).

Tableau 1 : Principaux producteurs et importateurs de blé dur dans le monde (FAOSTAT, 2021)

Pays	Production en Mt	Pays	Importation en Mt
Union Européenne	8	Italie	4
Chine	5,7	Turquie	3,6
Inde	5,2	Algérie	3,2
Russie	5	Maroc	1,3
Etats-Unis	4,8	Tunisie	1,2

4.2. En Algérie

Les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale. Durant la période 2010-2020, la superficie des céréales occupe en moyenne annuelle de 40% de la superficie agricole utile (SAU). Cette superficie atteint en moyenne 3385560 ha, en évolution de 6% par rapport à la période entre 2000-2009 (MADR, 2020). En Algérie, le blé dur occupe 45% des sols réservés aux céréales, soit 1,6 Mha, ce qui offre une moyenne de production de 2,5 millions de tonnes (Kirouani et al., 2019) (Fig.1).

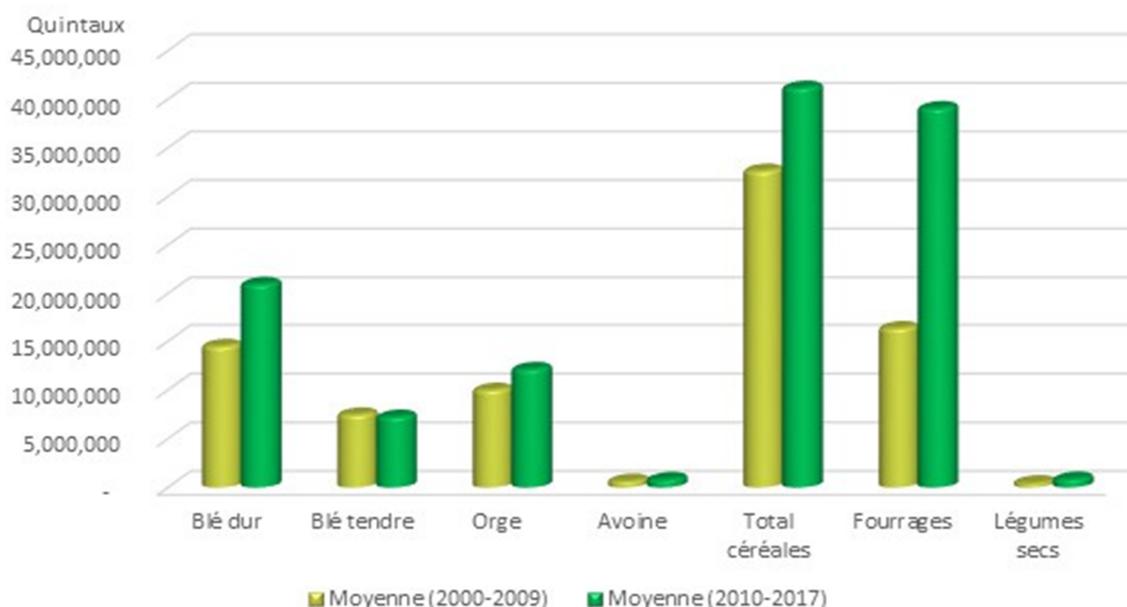


Figure 1 : Production de quelque céréale dont le blé dur en Algérie au cours de la période 2000-2017 (MADR, 2020).

5. Itinéraires techniques et conduites des céréales

Outre l'importance des facteurs de productions comme l'état de la semence, la qualité et la quantité des intrants, des moyens de production et plus spécialement la préparation du sol pour la mise en place d'une céréale ou d'une culture en générale, joue un rôle fondamental pour la réussite de la culture.

Dans l'itinéraire technique de la mise en place des cultures, le travail du sol est souvent la première opération à réaliser. Une bonne préparation du sol offrira à la plante un milieu adéquat à son développement (**Feddal, 2011**).

Pour répondre à ces préoccupations, le choix de la technique de culture doit se faire d'une manière raisonnable. Les agriculteurs comptent plusieurs méthodes de travail du sol, lesquelles peuvent être classés dans deux principaux systèmes : le travail du sol classique conventionnel en utilisant le labour et le semis direct ou la suppression totale de toute intervention mécanique comme le labour (**Robert, 2004**).

5.1. Labour

Définition

Labourer le sol est une pratique ancestrale. Le labour remplit plusieurs objectifs, répondant à des contraintes auxquelles les agriculteurs doivent faire face. Tout d'abord, le labour permet de contrer le tassement du sol par un effet direct sur le système poral, tant dans sa continuité que sa dimension (Roger-Estrade et al, 2014). En effet, le labour entraîne une modification de la taille des agrégats et de leur agencement relatif. La porosité mécanique générée par un labour est de type fis surale, avec des pores de diamètre majoritairement compris entre 2 et 0,5 mm Grâce au labour, la levée des semis et la croissance des racines sont facilitées, ainsi que la circulation d'air et d'eau dans le sol (**Carof et al, 2007**).

5.2. Semis direct

Définition

Le semis direct, appelé aussi non labour ou zéro labour, est une technique réduisant à l'extrême le travail du sol (forme extrême du travail minimum). Il se définit par une absence totale de travail du sol (ni retournement, ni décompactage, ni préparation de lit de semence). Les caractéristiques physiques du sol favorables au développement des cultures sont obtenues uniquement par l'action du climat et de l'activité biologique du sol (racines, animaux et micro-organismes) et préservées par un couvert permanent (**Schmitt, 2010**). Le semis direct

est une partie intégrante de l'agriculture de conservation que l'on peut définir comme un ensemble de pratiques qui visent : une bonne gestion des ressources édaphiques alternent au minimum la composition et la structure du sol et le préservant de la dégradation et de l'érosion (**Boulal et al., 2007**). Dans le système de semis direct, les opérations culturales se limitent à l'ensemencement de la culture. Un seul passage du semoir dépose les semences et les engrais dans le sol. Les résidus de culture demeurent à la surface du sol, assurant ainsi une protection contre l'érosion (**Mrabet, 2001a**).

5.3. Comparaison entre labour et semi direct

Les études sur les deux techniques ont montré que chaque technique a des avantages et des inconvénients, le tableau suivant contient les principales différences entre les deux itinéraires de culture.

Tableau 2 : Comparaison entre le labour et le semis direct (**BAYLE, LABOURE, 2011**)

	Labour	Semis direct
Coûts	75 €/ha	45,5 €/ha
Temps	Plusieurs passages : 1 h 55/ha	1 passage : 0,5 h/ha
Outils	Charrue, chisel & Cover-crop....	Semoir de semis direct
Erosion	Augmentation de l'érosion	Diminution de l'érosion et des pertes des sols
Mauvaise herbes	Destruction des mauvaises herbes	Favorise le développement des mauvaises herbes
Engrais	Utilisation normale	Utilisation élevée
Profondeur de travail (cm)	15 à 40	3 à 8 sur la ligne de semis (-5à30% de la surface).

CHAPITRE II
TOXICITE DES METAUX LOURDS

1. Généralité sur les métaux lourds

Un métal est une matière, issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie (**Gérard, 2001**).

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, de densité supérieure à 5 g/cm³ et tout métal ayant un numéro atomique élevé, en général supérieur à celui du sodium (Z=11).

Les métaux lourds existent naturellement mais en quantités très faibles dans les sols, l'eau et l'air. Certaines activités humaines, comme la combustion du charbon, du pétrole, des déchets et certains procédés industriels et application agricole en rediffusent en revanche en grande quantité dans l'environnement. Ils sont souvent liés aux particules fines à l'exception du mercure, qui est principalement gazeux. Les métaux lourds ne posent pas seulement un problème pour la pollution de l'air : ils sont bio persistants, perturbent les écosystèmes, détériorent les sols, les eaux de surface, les forêts et les cultures et s'accumulent dans la chaîne alimentaire. Certains sont cancérigènes pour l'Homme (**Fabrégat, 2010**).

Les principaux métaux lourds émis dans l'atmosphère par les activités humaines sont le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le chrome (Cr), le sélénium (Se), l'arsenic (As), le mercure (Hg) et le cadmium (Cd). Le mercure, le plomb et le cadmium font l'objet d'une attention particulière, car ils sont très toxiques (effets sur le système nerveux) et ont une durée de vie très longue (**Fabrégat, 2010**).

2. Différents types des métaux

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

2.1. Métaux toxiques et polluants

Tout élément est toxique quand il est absorbé en excès par rapport à la capacité d'assimilation de l'organisme. Il provoque des effets indésirables, compromet le bien-être de l'environnement, réduit la qualité de vie et peut éventuellement causer la mort. Une telle substance doit être présente dans l'environnement au-delà d'une limite définie ou de tolérance.

2.2. Métaux essentiels ou oligoéléments

Sont des éléments indispensables à l'état de traces pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques. Certains peuvent devenir

toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre, du nickel, du zinc et du Fer (**Loué, 1993**).

Le cuivre est un métal lourd essentiel pour les plantes supérieures et les algues, en particulier pour la photosynthèse (**Chatterjee et Abraham, 2019**). Le zinc est nécessaire pour maintenir l'intégrité du ribosome. Il participe à la formation des glucides et catalyse les processus d'oxydation des plantes. Le zinc joue également un rôle structural dans de nombreux facteurs de transcription et est un cofacteur de l'ARN polymérase. Le manganèse joue un rôle important dans les réactions d'enzymes telles que la déshydrogénase et la décarboxylase. Il est également nécessaire pour le fractionnement de l'eau au photosystème II. Le fer est un élément essentiel dans de nombreux processus métaboliques et est indispensable à tous les organismes. C'est un composant de protéines contenant de l'hème telles que l'hémoglobine, la myoglobine et le cytochrome (**Asati et al. 2016**).

3. Source agricole de contamination

Il existe différentes sources de métaux lourds dans l'environnement telles que (1) les sources naturelles, (2) les sources agricoles, (3) les sources industrielles, (4) les effluents domestiques, (5) les sources atmosphériques et (6) d'autres sources. Les engrais inorganiques et organiques (l'engrais est une substance ajoutée au sol pour améliorer la croissance et le rendement des plantes) sont les sources les plus importantes de métaux lourds dans les sols agricoles. D'autres, en particulier les fongicides, et les engrais phosphatés ont des teneurs variables en Cd, Cr, Ni, Pb et Zn selon leurs sources. Le cadmium est particulièrement préoccupant dans les plantes car il s'accumule dans les feuilles à des niveaux très élevés, qui peuvent être consommés par les animaux ou les êtres humains. (**Yanqun et al. 2005**). La forme des métaux dans les sols dépend de manière dynamique de leur composition minéralogique, des conditions de salinité, de pH, d'oxydo-réduction, de la granulométrie du sol, de sa teneur en eau, de la présence de ligands en solution et de micro-organismes. Tous ces facteurs influencent la solubilisation des métaux ou au contraire, leur précipitation ou leur adsorption. Les interactions entre les différents métaux sous toutes leurs formes, solubles ou particulaires. La forme sous laquelle les éléments traces sont présents dans le sol conditionne leur mobilité et leur biodisponibilité, deux paramètres extrêmement importants pour évaluer leur impact toxicologique, la teneur en métaux des sols peut être d'origine naturelle ou d'origine anthropique, c'est à dire issue des activités humaines (**Sirven, 2006**).

4. Toxicité des végétaux par les métaux lourds

La toxicité des métaux lourds dans les plantes varie selon l'espèce végétale, le métal, la concentration, la forme chimique, la composition du sol et le pH, car de nombreux métaux lourds sont considérés comme essentiels à la croissance des plantes. Certains de ces métaux lourds comme Cu et Zn servent soit de cofacteur et d'activateurs de réactions enzymatiques, par exemple, informant le complexe enzymes/métal de substrat (**Mildvan, 1970**) ou exercent une propriété catalytique telle qu'un groupe prothétique dans les métalloprotéines. Le premier effet des métaux lourds observable chez les végétaux est une inhibition de la croissance. Celle-ci s'accompagne très souvent de nombreux autres indices de dysfonctionnement : chlorose foliaire, importantes lésions nécrotiques, jaunissement progressif, repliement ou dessèchement du feuillage. A l'heure actuelle, les bases moléculaires de ces perturbations sont encore mal connues, mais on admet généralement qu'elles résultent d'un stress oxydatif, dû à la production d'espèces réactives de l'oxygène ou « Réactive Oxygen Species » (ROS). Les ROS altèrent toute une série de substrats biologiques importants, avec comme conséquence la modification des domaines fonctionnels des biomolécules : inhibition de l'activité enzymatique, perturbation du métabolisme végétal (notamment la photosynthèse et la respiration), oxydation de protéines, altération des membranes cellulaires via l'induction de phénomènes de peroxydation lipidique, apparition de cassures au sein de l'ADN, pouvant conduire à la mort cellulaire (**Cheng, 2003**).

4.1. Effets du zinc sur les plantes

Le zinc (Zn) est un micronutriment essentiel qui affecte plusieurs processus métaboliques des plantes et a une longue demi-vie biologique. La phytotoxicité du Zn et du Cd est indiquée par une diminution de la croissance, du métabolisme et une induction de dommages oxydatifs chez divers organes. La toxicité du zinc dans les plantes limite la croissance des racines et des pousses. Un autre effet typique de la toxicité du Zn est l'apparition d'une couleur rouge violacé dans les feuilles (**Broadley et al. 2007**).

4.2. Effets du cadmium sur les plantes

La limite réglementaire de cadmium (Cd) dans les sols agricoles est de 100 mg/kg. Les plantes cultivées dans un sol contenant des niveaux élevés de Cd présentent des symptômes visibles de dommages reflétés en termes de chlorose, d'inhibition de la croissance, de brunissement des extrémités des racines et enfin de mort (**Guo et al. 2008**).

4.3. Effets du cuivre sur les plantes

Le cuivre (Cu) est considéré comme un micronutriment pour les plantes et joue un rôle important dans l'assimilation du CO₂ et la synthèse de l'ATP. L'excès de Cu dans le sol joue un rôle cytotoxique, induit du stress et cause des dommages aux plantes. Cela entraîne un retard de croissance des plantes et une chlorose des feuilles (**Reed et Glick, 2005**).

CHAPITRE III

MATERIEL ET METHODES

III. Matériel et Méthodes

1. Objectif de travail

Cette étude a pour buts de

1. Comparer l'effet à long terme de deux itinéraires technique : le labour conventionnel et le semis-direct sur l'accumulation des métaux lourds dans les tiges et les grains de blé dur ;
2. Evaluer les deux techniques en termes de pollution et toxicité.

2. Présentation de la zone d'étude

L'essai se déroule au niveau de la station des grandes cultures de l'Institut Technique de Grandes Cultures (ITGC) à Oued Samar, Alger. La première campagne agricole a été commencée en 2017/2018, et les mêmes pratiques ont été répétée pendant 4 ans (2018/2019 ; 2019/2020 et 2020/2021).

3. Situation géographique

La station expérimentale se trouve dans la commune d'Oued Smar, Wilaya d'Alger, dans la partie Nord Est de la Mitidja à une altitude de 24 m, latitude 36°43' Nord, longitude 30°84' Est. Elle est limitée au Nord par la commune de Mohamadia, au sud par Dar El Beida, à l'Est par Bab Ezzouar et enfin à l'Ouest par la commune d'El Harrach (**Fig. 2**).



Figure 02 : Localisation de la Station ITGC Oued Smar (Google Earth, 2021).

4. Données climatiques

Oued Samar appartient, selon la classification d'Emberger, à l'étage bioclimatique sub-humide à hiver doux et pluvieux et à été chaud et sec. La moyenne annuelle de la pluviométrie est de 370 mm

4.1. Précipitation

Les précipitations représentent les seules sources hydriques, non seulement pour la végétation naturelle des milieux terrestres, mais aussi pour la totalité de la céréaliculture en Algérie. Elles exercent une action prépondérante par la définition de la sécheresse.

La pluviométrie totale enregistrée dans la région où se situe l'ITGC durant la période 2017-2021 a atteint 586,7mm, 470,7 mm, 392,7 mm et 491,4 mm durant les campagnes agricole 2017/2018, 2018/2019, 2019/2020 et 2020/2021 respectivement. Généralement, le mois de Janvier est le plus pluvieux, quant au minimum, il est enregistré au mois de juin (Tableau 3).

Tableau 3: Données pluviométriques (mm) entre la période 2017-2021 d'Oued Samar (ITGC, 2021)

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Total
Année											
2017/2018	17,2	10,5	123,9	86,1	239,1	21,7	57,8	25,5	3,4	1,5	586,7
2018/2019	24,0	66,0	110,0	35,0	106,5	28,0	33,8	46,3	13,6	7,5	470,7
2019/2020	74,3	17,8	120,2	6,0	26,6	0,0	58,5	78,5	1,8	9,0	392,7
2020/2021	33,5	38,5	79,1	175,1	50,1	11,6	45,2	34,4	14,5	9,4	491,4

4.2. Température

Les températures moyennes mensuelles enregistrées pour la région d'Oued Smar (ITGC) durant la période d'étude 2017-2021 sont représentées dans le tableau 4.

Tableau 04 : Température mensuelle moyennes de la période 2017-2021 exprimées en degré Celsius (ITGC, 2021)

Mois Année	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avril	Mai	Juin	Moy
2017/2018	24,5	21,4	18,1	14,4	15,1	13,0	16,6	18,0	18,7	22,5	18,23
2018/2019	25,2	21,4	18,5	16,1	13,7	14,2	16,0	17,3	19,9	23,2	18,55
2019/2020	25,1	22,9	17,6	16,9	15,0	16,5	16,9	17,8	21,2	23,6	19,35
2020/2021	24,9	21,5	19,7	16,0	15,2	17,1	15,6	18,0	20,4	23,6	19,2

Généralement, le mois le plus chaud dans commune d'Oued Smar durant les campagnes agricoles, est le mois de Septembre avec une valeur de température moyenne mensuelle comprise entre 24,5 °C à 25 °C. Par contre, les mois les plus froids sont Décembre, Janvier et Février.

5. Matériel végétale

Le blé dur (variété Waha) a été choisi pour nos expérimentations pour son importance dans la chaîne alimentaire en Algérie : alimentation humains (grains) et alimentation des animaux (paille). La variété Waha a été multipliée par les Stations Expérimentales Agricole de l'Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC). C'est une variété haute de paille, présentant des épis blancs. Elle se caractérise par une forte capacité de tallage herbacé. Elle montre aussi une performance de rendement élevée.

6. Conduite des cultures

L'expérimentation est mise en place selon un dispositif en randomisation totale, avec des parcelles élémentaires de 9 m x 15 m, répétées trois fois pour chaque technique de culture. L'installation de la 1^{ère} expérimentation a été réalisée durant la campagne agricole 2017/2018. Cette expérimentation a été répétée de la même manière et sur les mêmes parcelles durant les campagnes 2018/2019, 2019/2020 et 2020/2021. Le facteur étudié est l'effet des techniques de culture :

- Technique conventionnelle (Par labour) en utilisant : charrue à soc, cover-crop, vibroculteur & rouleau.

- Technique de Semis direct : pas de travail du sol et passage direct du semoir.

7. Echantillonnage et prélèvement

Pour notre étude, les plantes de blé dur (grains & paille) ont été récoltées au début de mois de juin 2021. L'échantillonnage a été effectué au hasard dans les parcelles de chaque technique de culture.

8. Extraction et dosage des métaux lourds

La préparation et l'extraction des échantillons se sont déroulées au niveau Du laboratoire de département de production végétale, à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique, ENSA, Alger. Cependant, le dosage et la détection des métaux lourds ont été effectués dans le laboratoire d'évaluation des métaux, faculté de chimie de l'université des sciences et de technologie, Houari Boumediene de Bab-Ezzouar, Alger.

8.1. Préparation des échantillons de la plante (grains et paille)

Les plantes de blé dur prélevé précédemment, ont été d'abord coupés séparément les tiges (paille) et les épis (grains) puis séchés à 60°C pendant une journée puis broyés et tamis en nylon.

Pour la minéralisation et le dosage, 1 g d'échantillons (la tige et les grains) a été met dans une capsule en porcelaine et calciné à 450°C dans un four à moufle de type Nabert hem (FigureA1) pendant quatre heures. Les cendres obtenues sont minéralisées par 4ml l'eau régale (25% HNO₃et 75% HCl), dans un bécher puis ramenées à sec jusqu' à décoloration de la minéralisation sur un bain de sable. Le résidu est redissent dans 25ml d'HCL dilué, puis filtré en utilisant un papier filtre, les éléments métalliques (Zn, Cu, Cd et Pb) ont été ensuite dosées par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme au laboratoire.

8.2. Dosage des métaux lourds

Les solutions obtenus ont été dosés par spectrophotomètre atomique à flamme domaine de travail de l'ordre du mg/l technique s'appliquant aux éléments en traces qui ne sont ni volatils ni fortement réfractaires. L'ensemble des analyses ont été réalisées en triplet par spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (Perkin Elmer, AAnalyst 700) (**Fig. 3**).



Figure 3 : Spectrophotomètre d'absorption Atomique utilisée durant notre étude (Photo originale).

9. Analyses des métaux lourds

9.1. Appareillage

La quantification des métaux en solution est réalisée par spectrophotomètre atomique à flamme (Perkin Elmer, AAnalyst 700). La spectroscopie est basée sur l'analyse des rayonnements électromagnétiques se traduisant par un spectre d'absorption du gaz dans des longueurs d'onde spécifiques. Ces méthodes utilisent l'absorption dans le visible, l'ultraviolet et l'infrarouge, mesurée grâce au spectromètre, souvent appelé spectrophotomètre.

9.2. Principe

La SAA est fondée sur le principe que les atomes libres peuvent absorber la lumière d'une certaine longueur d'onde. L'absorption de chaque élément est spécifique, aucun autre élément n'absorbe sa longueur d'onde. L'absorption de lumière par les atomes fournit ainsi un puissant instrument analytique à la fois pour l'analyse quantitative et qualitative.

L'élément à doser doit être en solution diluée. La spectrométrie permet en effet un dosage d'élément sous forme de traces (parties par million ou mg/l). La lampe à utiliser doit émettre des photons dont l'énergie correspond à l'excitation d'un atome (lampe à cathode creuse monoélément) (Pinta, 1980).

9.3. Limites de quantification

La limite de quantification est donnée en fonction de l'appareil et du métal analysé. Cette valeur est également liée aux paramètres de mise en solution et notamment au rapport volume/masse (volume du jaugé, prise d'essai) cité plus haut, généralement de l'ordre de 200 (100 ml/0,5 g ou 50 ml/0,25 g) quelle que soit la méthode de minéralisation (attaque par HClO₄ ou attaque à l'eau régale et sauf exception) (**Pinta, 1980**).

CHAPITRE IV
RESULTATS ET DISCUSSION

1. Résultats et discussion

Les analyses de l'effet des techniques de cultures (semis-direct et labour) sur l'accumulation des métaux lourds dans les grains et les tiges de blé dur ont été effectuées après 4 ans d'expérimentation dans la station ITGC de Oued Smar, Alger. Quatre métaux lourds ont été dosé et évaluer sont le zinc, le cuivre, le plomb et le cadmium.

2. Comparaison des teneurs en métaux lourds entre les grains et les pailles

2.1. Le zinc

Les résultats obtenus ont montré des doses variables des métaux lourds dans les deux organes étudiés : grains et paille. Dans la technique conventionnelle, la teneur en zinc est plus élevée dans les grains (7,4 mg/l) que celui dans les pailles (5,6 mg/l) (**Fig. 4**). De même, dans le semis direct, la teneur dans les grains est supérieure à la paille avec (9,1 mg/l) et (5,9 mg/l) respectivement (**Fig. 4**).

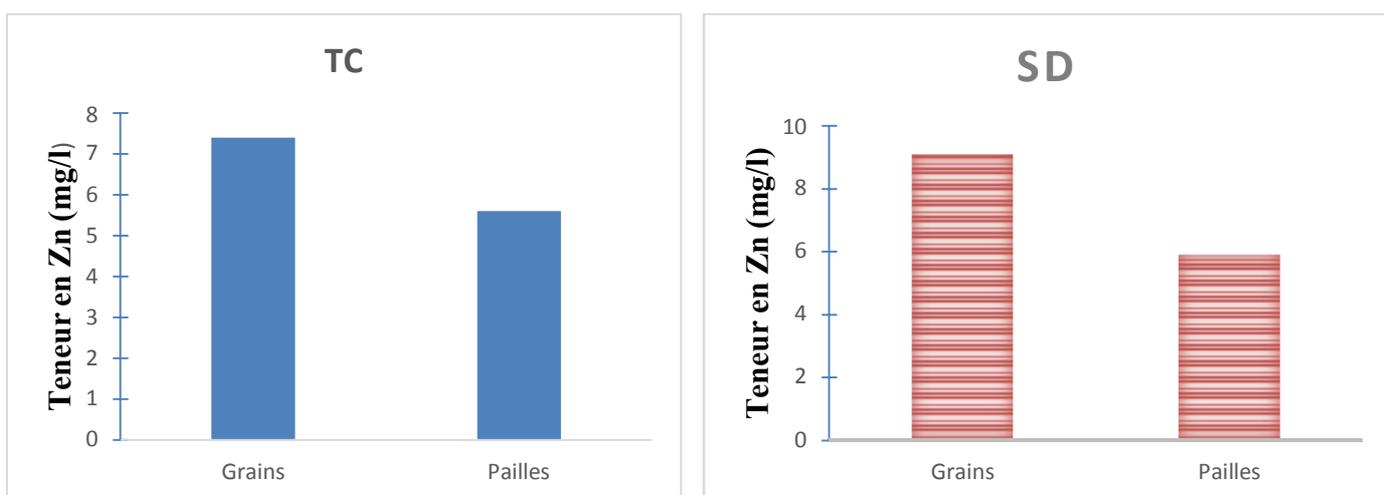


Figure 4 : Tenures moyennes en zinc dans les grains et les pailles de blé dur dans les deux itinéraires techniques TC et SD.

2.2. Le cuivre

Dans la technique conventionnelle, la teneur en cuivre est plus élevée dans les grains (5,2 mg/l) que celui dans les pailles (4,5 mg/l) (Fig 5). De même, dans le semis direct, la teneur dans les grains est supérieure à la paille avec (5,5 mg/l) et (4,8 mg/l) respectivement (Fig.5).

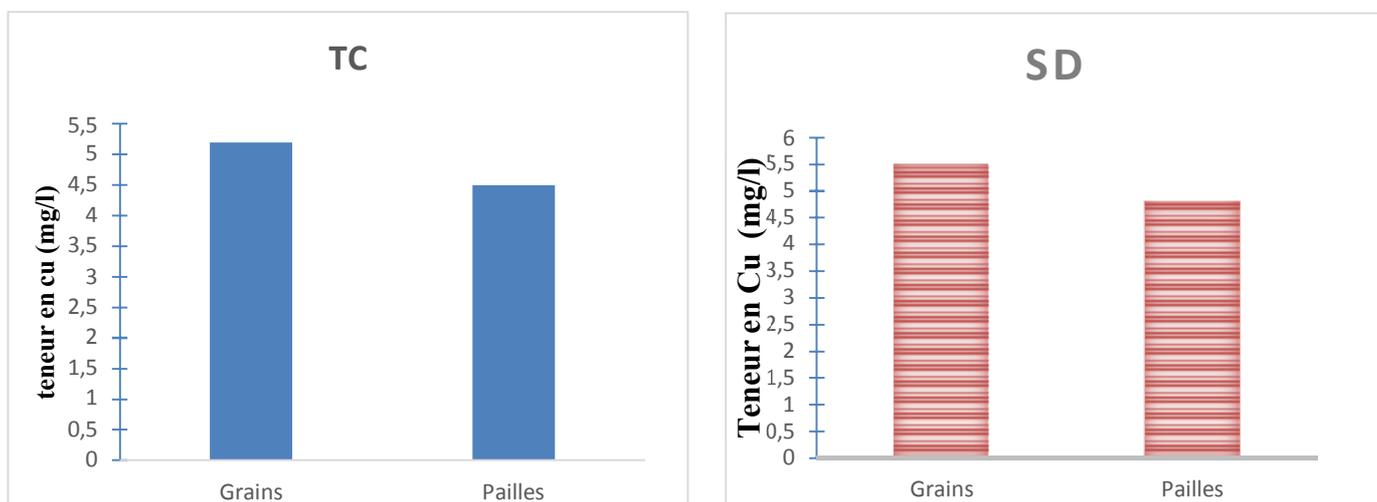


Figure 5 : Teneurs moyennes en cuivre dans les grains et les pailles de blé dur dans les deux itinéraires techniques TC et SD.

2.3. Le cadmium

Pour le cadmium, dans la technique conventionnelle aussi bien que dans le semis direct, des teneurs similaires ont été trouvées dans les grains et les pailles avec 0,001 mg/l et 0,004 respectivement (Fig. 6).

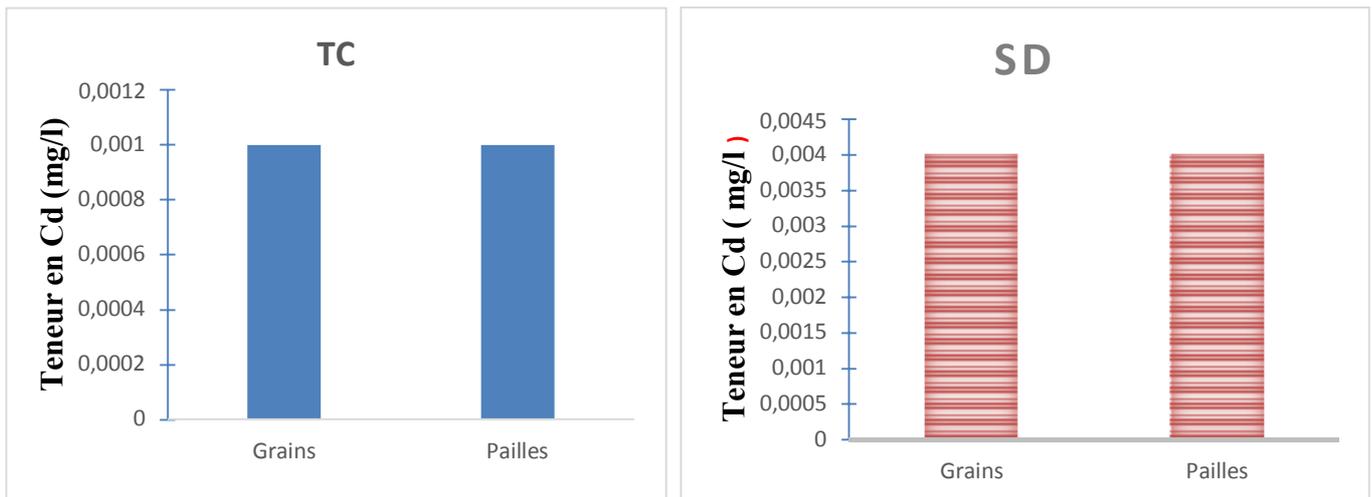


Figure 6 : Teneurs moyennes en cadmium dans les grains et les pailles de blé dur dans les deux itinéraires techniques TC et SD.

2.4. Le plomb

Les résultats obtenus ont montré que dans les deux techniques, les grains et les pailles de blé dur sont dépourvues du plomb, aucune trace n'a été détectée.

Nos résultats rejoignent ceux obtenus par **Mir, (2016)** qui a trouvé que les tiges de blé contiennent des teneurs de 5,54 mg/l, 0,3 mg/l et 0,001 mg/l en zinc, plomb et cadmium respectivement. Selon **Tremel Schaub et Feix, (2005)** la teneur en zinc dans les grains de blé est de 13,77 mg/l. ces concentrations peuvent être influencé par plusieurs facteurs tel que le sol, la qualité des eaux d'irrigation et la situation géographique des parcelles de culture. **Hassan et al. (2013)** ont trouvé que l'irrigation de blé par des eaux usées a augmenté les teneurs en métaux lourds à 135 mg/kg, 28 mg/kg, 2,8 mg/kg et 15,6 mg/kg pour le Zn, Cu, Ca et Pb respectivement. Dans l'étude de **Lavado et al. (2001)** les concentrations de métaux lourds les plus élevées ont été enregistrées dans les racines que dans les grains chez le Soja, pour le Zn ils ont trouvé les valeurs suivantes : grains, 44,85 mg/kg-1 ; racines, 64,73 mg/kg-1 ou Cr dans le blé : grains, 1,77 mg/kg-1 ; racines, 19,70 mg/kg-1). Les effets du travail du sol étaient significatifs pour les métaux lourds.

3. Effet des techniques de culture sur l'accumulation des métaux lourds

3.1. Le zinc

Selon nos résultats, la teneur en zinc est influencée par la technique de culture. Dans le semis direct des augmentations significatives, dans les grains et les pailles, ont été obtenus par rapport à la technique conventionnelle. Dans les grains, dans la technique SD un teneur de 9,1 mg/l et de 7,4 mg/l dans la TC. De même, chez la paille, des teneurs de 5,9 mg/l et 5,6 mg/l pour SD et TC respectivement (**Fig. 7**).

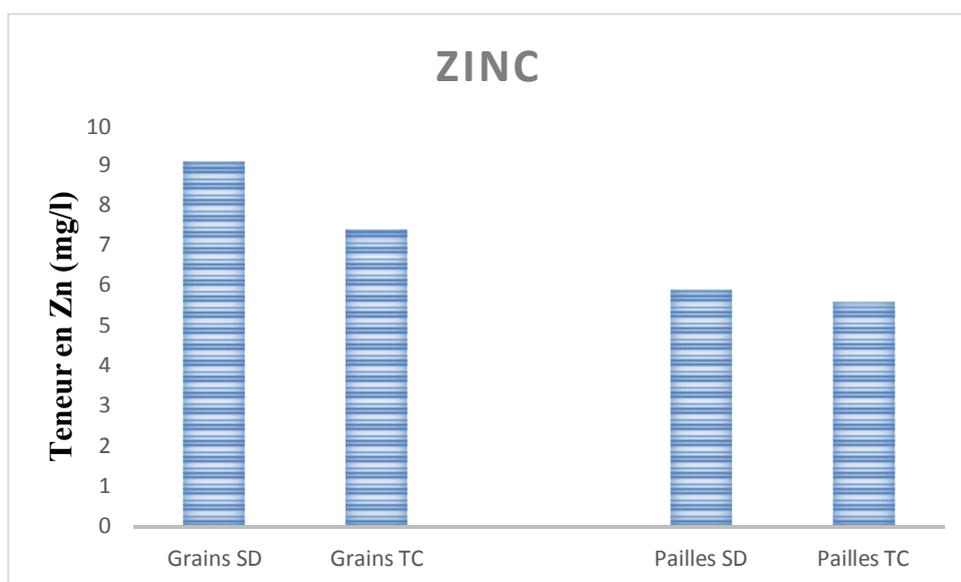


Figure 7 : Variation des teneurs moyennes en zinc sous l'effet des techniques de culture (TC et SD)

3.2. Le cuivre

Pour cet élément, les valeurs obtenues montrent que le semis direct influence leur accumulation dans les grains et les pailles de blé dur. Dans cette technique les teneurs obtenus sont de l'ordre de 5,5 mg/l et 4,8 mg/l dans les grains et les pailles par rapport à des valeurs de 5,2 mg/l et 4,5 mg/l ont été obtenues dans ces organes dans la technique du labour (**Fig. 8**).

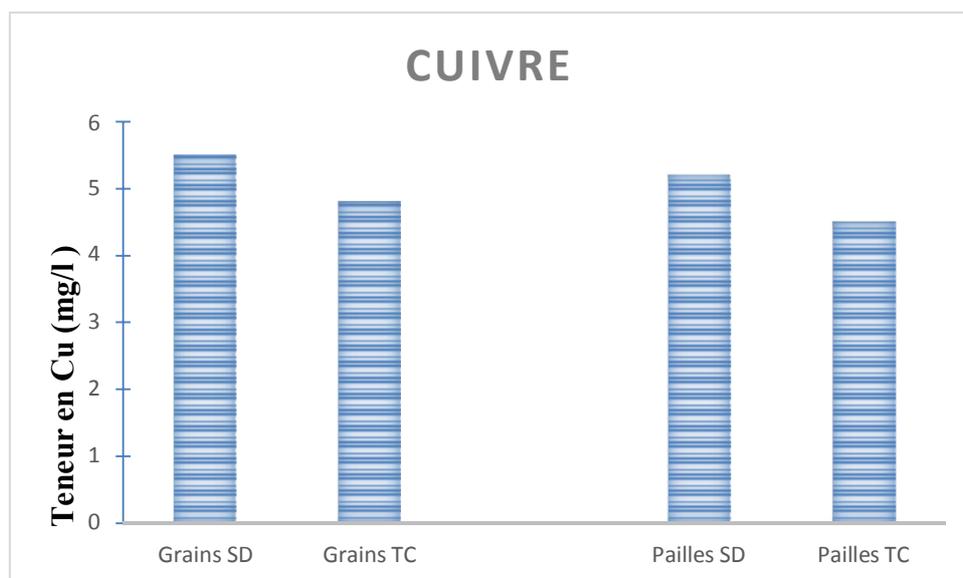


Figure 8 : Variation des teneurs moyennes en cuivre sous l'effet des techniques de culture (TC et SD)

3.3. Le cadmium

La teneur du cadmium dans le semis direct est 4 fois supérieure (0,004 mg/l) que celle dans la technique conventionnelle (0,001 mg/l) (**Fig. 9**).

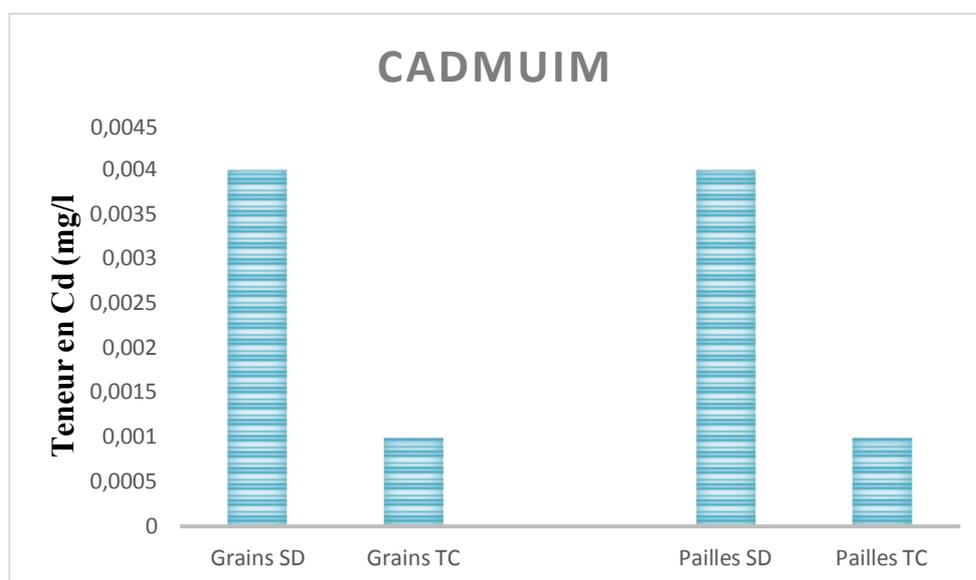


Figure 9 : Variation des teneurs moyennes en cadmium sous l'effet des techniques de culture (TC et SD).

3.4. Le plomb

Pour Cet élément et comme on déjà dit, aucune trace n'a été détectée.

Les travaux de **Lavado et al. (2001)** ont montré que les techniques de culture peuvent influencer l'accumulation des métaux lourds dans les organes des plantes. Ils ont trouvés que les teneurs en zinc varié dans les grains de blé de 36,8 mg/kg dans le technique semis direct à 37,6 mg/kg dans la technique conventionnelle. Cependant dans la paille, des concentrations supérieures ont été obtenus par le SD (23,05 mg/kg) par rapport à 18,7 mg/kg dans le TC. Cependant pour cuivre, ils ont indiqué que les valeurs ont été de 11 mg/kg et 5,56 dans les grains et les pailles de SD et de 5,8 mg/kg et 6,7 mg/kg dans les grains et les pailles de TC. Des valeurs inférieures à 0.05 ont été obtenues après le dosage du cadmium dans les deux techniques. Dans une expérience à long terme, menée en Chine par **Chang et al. (2014)** l'effet des méthodes de travail du sol sur les teneurs totales et disponibles en métaux lourds (Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, Cd) a été évalué. Leurs résultats ont montré que les teneurs en Fe, Mn dans la racine de riz, les teneurs en Fe, Mn, Cu et Cd dans la paille de riz et Cu dans les grains du riz étaient plus élevées dans le système de rotation et en semis direct que celles dans le labour conventionnel.

5. Concentrations et contamination des échantillons

Pour diagnostiquer une toxicité, la démarche consiste à comparer l'analyse d'un échantillon végétal avec ce que l'on a obtenu précédemment pour la même espèce végétal, la même variété et pour le même organe.

Le diagnostic de danger d'un produit végétal récolté se formalise par le rapport : Concentration mesurée/ concentration maximale réglementaire (CMR) ou concentration mesurée /concentration maximale recommandée (CMREC). On considère le danger de contamination comme avéré si le rapport est supérieur à 1. Pour confirmer la contamination des grains et des pailles de de blé dur par les métaux lourds (zinc, cuivre, plomb et cadmium), on calcule le rapport Concentration mesurée (Cmes)/ concentration maximale réglementaire (CMR) sur les résultats qui on a obtenue à partir de dosage des métaux lourds. La CMR est considérée selon les travaux de Prasad et al, (2003) et les valeurs CMR sont mentionnées dans le tableau 5.

Tableau 5 : Teneurs en quelques métaux lourds dans les plantes (mg/kg de matière sèche)
(Prasad et al. 2003)

ETM	Zn	Cu	Cd	Pb
Teneurs dans les plantes (mg/kg)	50	10	0,05	1,0

Les rapports de contamination de nos échantillons et nos résultats obtenus sont mentionnés dans le tableau 06.

Tableau 06 : Calcul de degrés de toxicité des métaux lourds

Techniques de culture	Echantillons	Zinc (mg/l)	Cmes/CMR	Cu (mg/l)	Cmes/CMR	Cd (mg/l)	Cmes/CMR	Pb (mg/l)	Cmes/CMR
TC	Grains	7.4	0.148	5.2	0.52	0.001	0.02	00	00
	Pailles	5.6	0.112	4.5	0.45	0.001	0.02	00	00
SD	Grains	9.1	0.182	5.5	0.55	0.004	0.08	00	00
	Pailles	5.9	0.118	4.8	0.48	0.004	0.08	00	00

Les résultats d'analyse de toxicité ont montré que les concentrations des métaux lourds chez le blé dur après la conduite de culture par les deux itinéraires techniques ne sont pas très importantes et les concentrations obtenus ne dépassent pas les valeurs normales selon tableau 06 (Prasad et al, 2003), ils sont nettement inférieures, et ne constituent aucun danger pour le consommateur que ce soit humain (grains) ou sur les animaux (pailles).

Conclusion

CONCLUSION

Dans cette étude, des essais à long terme ont été réalisés en suivant les deux itinéraires techniques les plus adoptés pour la culture de blé dur en Algérie et dans le monde qui sont la technique conventionnelle basée sur le travail du sol par labour et autres étapes et la deuxième est la technique de semis direct ou zéro-labour.

On comparant les teneurs des métaux lourds on trouve que leurs concentrations est très variable. La teneur en zinc est la plus élevée, suivi par le cuivre et le cadmium. Tandis que, les plantes sont dépourvues de plomb.

D'une autre part, nos résultats ont montré que les techniques de culture affectent légèrement la teneur et l'accumulation des métaux lourds dans les grains et les pailles de blé dur (Var Waha).

Pour le premier métal dosé, le zinc, dans les grains du technique semis direct la teneur est de 9,1 mg/l, tandis que dans la technique conventionnelle est de 7,4 mg/l dans le même organe. Dans les pailles, des teneurs de 5,9 mg/l et 5,6 mg/l dans SD et TC respectivement. De même pour le 2eme métal dosé, le cuivre dont des concentrations élevées ont obtenus par la technique SD par rapport à la TC (SD : 5,5 mg/l et 4,8 mg/l dans les grains et pailles ; TC : 5,2 et 4,5 mg/l dans les grains et pailles respectivement). Par ailleurs, le dosage du cadmium a enregistré des traces de l'ordre de 0,004 mg/l dans la technique SD et de 0.001 mg/l dans la TC. En outre, nos résultats ont indiqué que le blé dur (Var Waha) ne contient aucune trace du plomb dans les deux techniques.

Enfin, l'estimation du degré de contamination et du risque de toxicité des métaux lourds dans les grains et les pailles du blé dur a montré que les concentrations obtenues du Zn, Cu et Cd ne représente aucun danger sur la santé des consommateurs (Homme/animaux).

Bien que ces métaux ne représentent aucun problème de toxicité après 4 ans d'étude, l'étude que nous avons réalisée va se poursuivre dans une longue durée atteint 15 ans pour évaluer et confirmer l'effet de ces techniques à long terme et après une longue durée d'utilisation des produits chimiques.

Nous recommandons qu'il serait intéressants même nécessaire de :

- Eviter les pratiques agricoles inappropriées.
- Réduire l'utilisation de pesticides chimiques.
- Les propriétés peuvent être données aux recherches sur systèmes de travail du sol dans tous ses aspects (techniques, fondamentaux, économiques, environnementaux).

Références bibliographiques

Référence bibliographique

- **Ammar M (2015)**. Organisation de la chaîne logistique dans la filière céréales en Algérie états des lieux et perspective. thèse de doctorant de CIHEAM Montpellier : p17-20.
- **Asati, A., Pichhode, M., & Nikhil, K. (2016)**. Effect of heavy metals on plants: an overview. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*, 5(3), 56-66.
- **Bayle J-Labouré(2011)** comparaison de différentes techniques : TCS, labour, semis direct.
- **Boulal, H Zaghouane O., EL Mourid M et Rezgui S., (2007)**. Guid pratique de la conduite des céréales d'atomes (blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, 176p.
- **Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2007)**. Zinc in plants. *New phytologist*, 173(4), 677-702.
- **Carof M., de Tourdonnet S., Coque Y., Hallaire V., Roger-Estrade J., (2007)**. Hydraulic conductivity and porosity under conventional and no-tillage and the effect of three species of cover crop in northern France. *Soil Use and Management*. Vol 23, p. 230-237.
- **Chang, T. J., Cui, X. Q., Ruan, Z., & Zhao, X. L. (2014)**. Long-term effects of tillage methods on heavy metal accumulation and availability in purple paddy soil. *Huan jing ke xue= Huanjing kexue*, 35(6), 2381-2391.
- **Chatterjee, A., & Abraham, J. (2019)**. Desorption of heavy metals from metal loaded sorbents and e-wastes: A review. *Biotechnology letters*, 41(3), 319-333.
- **Cheng S,(2003)**.Heavy metals in plants and phytoremediation. *Environmental science pollution research*10:335-340.
- **Devun .J, Dimon.P, Pierre Farrié.J, Sagot.L.(2018)**.Bien utiliser la paille de céréales dans alimentation de bovin et ovins
- **Fabrégat S ., 2010**. Les métaux lourds : une pollution de long terme : l'aire à bout de souffle.

- **Faostat .2021** statistical database of the food and agriculture organization of the united nation. <https:// Faostat.fao-org>.
- **Feddal, M. A. (2011)**. Analyse du comportement du sol sous l'action de deux techniques de mise en place d'une culture de céréale (*Triticum durum*) (Doctoral dissertation).
- **Feillet. (2000)** « Le grain de blé composition et utilisation ». INRA. Paris 308p.
- **Gérard Miquel**. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Santé /assemblée nationale, 2001. Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.
- **Guo J; Dai X; Xn W;Ma M; (2008)** overexpressing GSHI and AsPCSI simultancously intreases the tolerance and accumulation of cadmium and arseine in Arabidapis thalian. *Chemosphere* 72:1020-2026.
- **Hassan, N. U., Mahmoud, Q., Waseem, A., Irshad, M., & Pervez, A. (2013)**. Assessment of heavy metals in wheat plants irrigated with contaminated wastewater. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(1).
- **Huang, S., Sirikhachornkit, A., Su, X., Faris, J., Gill, B., Haselkorn, R., Gornicki,p., (2002)**. Genes encoding plastid acetyl-CoA caroxylase and 3-phsphoglycerate kinase of *Triticum /Apgilops* complex and the evolutionary history of polyploidy wheat. *Proceedings of the national academy of science of the USA* 99 :8133-8138.
- **Huynh TMD, 2009**. Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ver de terre/microflore tellurique. Thèse de doctorat, université paris Est, 170p.
- **Kirouani A ; ould kiar R ; boukhalfoun L ; fellahi Z. 2019** Caractérisation de quelques variétés Algériennes de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) par le biais des marqueurs phénotypiques 14464. *J. of Appl Biosci* 142 : 14464 -14477.
- **Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019)**. A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100315.
- **Kumar,C.(2015)**.District education spendingin Rwanda.kigal :Rwanda education NGO coordination platform.
- **Labad, R., Louahdi, N., Zouaoui, S., Harrad, F., Mohammedi, Z., & Feddal, M. A. (2021)**. Analysis of the mechanical performance of no-till seed drills in Algeria: Impact on crop yield. *Algerian Journal of Environmental Science and Technology*.
- **Lavado, R. S., Porcelli, C. A., & Alvarez, R. (2001)**. Nutrient and heavy metal concentration and distribution in corn, soybean and wheat as affected by different tillage systems in the Argentine Pampas. *Soil and tillage research*, 62(1-2), 55-60.

- **Levy, AA. ET .Feldman, M., 2002.** The Impact of Polyploidy on Grass Genome Evolution. *Plant physiol.*, 130: 1587-1593.
- **Loué A .,1993.** Oliélements en agriculture. Ed. Nathan, 577p.
- **MADR, Statistiques Agricoles Série B 09, 2020,65P.**
- **Merbet R. (2001b).**le système de semis direct : pour un agriculteur marocain durable et respectueux de l'environnement actes de conférence de l'association marocaine des agro- economists AMAECO« les aléas climatiques et politique agricoles».Rabat,24-25 Mai .2001(à paraitre).
- **Mildvan, A. S. (1970).** 9 Metals in Enzyme Catalysis. In *The enzymes* (Vol. 2, pp. 445-536). Academic Press.
- **Mishra, S., Kour, D., Yadav, N., & Kumar, A. (2020).** Agriculturally important fungi for sustainable agriculture. A. N. Yadav (Ed.). Cham: Springer.
- **Olaiwan A, Pecquet C, Mathelie – Fusad P Frances C.2010** urticaire de contact aux hydrolysats ion de proteine de blé contenus dans des cosmétique : analyse de dermalogie et de vénéréologie ; vol 137-284.
- **Parasad M.N; de oliveraFreita, H, M. (2003)** Metal hyper accumulation in plants .biodiversity pro specting for phytoremediation technology elaction, *Journal of biotechnology*,6(3), 285-320.
- **Pinta M. (1980)** spectrométrie d'adsorption atomique. Application à l'analyse chimique paris-Masson 2éme édition 2 p696.
- **Reed, M. L., & Glick, B. R. (2005).** Growth of canola (*Brassica napus*) in the presence of plant growth-promoting bacteria and either copper or polycyclic aromatic hydrocarbons. *Canadian journal of microbiology*, 51(12), 1061-1069.
- **Ricachenevsky, F. K., Menguer, P. K., Sperotto, R. A., Williams, L. E., and Fett, J. P. (2013).** Roles of plant metal tolerance proteins (MTP) in metal storage and potential use in biofortification strategies. *Front. Plant Sci* 4:144.
- **Robert M.Capillon.R Raunet.M.;2004.** Les techniques cultureles comité d'orientations sans labour:historiques et enjeux.Impect culturales sans labour.communication pour des colloques du 31mars 2004. Comité d'orientations pour des pratiques agricoles respectueuses de l'environnement (CORPEN),2-11.

- **Ruel T., 2006-** Document sur la culture du blé, Ed: Educagri.18p
- **Schmitt.B, salitot.G, Le mouel .L, Dumoulin .F, Dersigny.C, Chatain .C, Billa. Ph.(2010).** Le semis direct : Une technique à culture dans l'Oise .conseillers à la chambre d'agriculture de l'Oise .2p.
- **Sirven, J. B. (2006).** Détection de métaux lourds dans les sols par spectroscopie d'émission sur plasma induit par laser (LIBS) (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).
- **Tremel –schaub, I.Feix, (2 0 0 5).**contamination des sols :transfert sol-plante des «éléments traces ed EDP sciences et adme, Paris ,France.
- **Yang, X., Feng, Y., He, Z., & Stoffella, P. J. (2005).** Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. Journal of trace elements in medicine and biology, 18(4), 339-353.
- **Yanqun, L.Yuan, C.Jianjun, C.Haiyan,Q .Li, C. Schwartz, (2005).** Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan china, environ .Int.31 755-762.