



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou

† . ⊙ ∞ ∆ . ∏ ξ † | ∏ ∟ ∶ ∏ ∶ ∆ . † ∟ . ∩ ∟ . ∪ † ξ ∫ ∩ ∏ ∶ ∫ ∫ ∶

Faculté Des Sciences Biologiques Et Des Sciences Agronomiques

Département de biologie



Mémoire

En vue d'obtention du diplôme de

Master

En écologie et environnement

Spécialité : Biodiversité et environnement

Thème

Étude de toxicité du gasoil sur quelques espèces végétales
(Xanthium strumarium L, Avena sativa L, Cerinthe major L et
Daucus carota L)

Présenté par : M^{elle} MOUZAOUI Nadia
M^{elle} BENMANSOUR Nouara

Devant le jury composé de :

Présidente : Mme. YAKOUB BOUGDAL SALIHA
Promotrice : Mme. SADOUDI ALIAHMED DJAMILA
Co-promoteur: Mr. DIB DJAFFER
Examinatrice : Mme. BACHI Karima

Professeur à L'UMMTO
Professeur à L'UMMTO
Doctorant à L'UMMTO
M.A.A à L'UMMTO

Promotion : 2018/2019

REMERCIEMENTS

On tient à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réussite de ce modeste travail.

*On voudrait, dans un premier temps, remercier et chaleureusement notre promotrice, le **professeur Mme SADOUDI ALIAHMED DJAMILA**, de nous avoir proposé ce passionnant sujet de mémoire, de nous avoir encadrés tout le long de notre travail, et d'avoir relu et corrigé notre mémoire. Ses conseils ont été très précieux pour la réussite de ce travail. On a beaucoup d'estime pour ses qualités professionnelles et la confiance qu'elle nous a accordée*

*On tient à exprimer notre reconnaissance à notre **co-promoteur Mr DIB Djaffer**, pour nous avoir orientés, pour sa disponibilité, sa patience, ses conseils et d'avoir partagé ses connaissances et son expérience professionnelle.*

*Tant qu'on peut, on remercie le **professeur Mme S YAKOUB BOUGDAL** pour nous avoir aidées à réaliser le travail dans la serre vitrée (biomédicale).*

*On aimerait exprimer notre gratitude à **Mme CHIBANE GOURAYA** qui a pris le temps d'examiner notre sujet.*

DEDICACES

Aux deux perles de ma vie,

Ma mère,

Mon père,

Je ne saurais exprimer mon respect, mon amour

Éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez

consentis pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me

portez depuis mon enfance.

À mon frère adoré Essaïd.

À mes formidables sœurs Lydia, Imane et Amel.

À mes chères amies Kahina, Ghania, Ghenima.

Qui m'ont aidé et supporté dans les moments difficiles

À mon binôme et amie Nouara

À toute ma famille

À tous mes autres ami(e)s

NADIA

DEDICACES

*À Mes prunelles de mes yeux mes
Parents qui m'ont donné les moyens et
la confiance pour arriver jusqu'ici.*

À mes chères sœurs et frères.

À l'ensemble de ma famille et mes amis (e).

À mon binôme et amie Nadia.

*À toutes personnes qui m'ont soutenu
et encourager pour réaliser ce modeste travail.*

NOUARA

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers (Speight, 2014) 3

Tableau 2: Propriétés physico-chimiques du gasoil (Colombano et al.,2014) 6

Tableau 3 : Caractéristiques des fruits de *Xanthium strumarium* 12

Tableau 4 : Principaux composantes du terreau universel..... 19

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1: Structure moléculaire de base des principaux hydrocarbures pétroliers (Colombano et al., 2008).....	4
Figure 2 : Plante adulte de <i>Xanthium strumarium</i>	10
Figure 3 : Plantule <i>Xanthium strumarium</i> (ORIGINALE, 2019).....	11
Figure 4 : Système racinaire de <i>Xanthium strumarium</i> (ORIGINALE, 2019).	11
Figure 5 : Fruit de <i>Xanthium strumarium</i> (ORIGINALE, 2019).	12
Figure 6 : Plante adulte de <i>Daucus carota</i> (ORIGINALE, 2019).....	13
Figure 7 : Plantule <i>Daucus carota</i> (ORIGINALE, 2019).	13
Figure 8 : Système racinaire d'une jeune plantule de <i>D.carota</i> (ORIGINALE, 2019).....	14
Figure 9 : Plante adulte de <i>Cerithe major</i>	15
Figure 10 : Système racinaire (A) et les semences (B) de la <i>Cerithe major</i>	15
Figure 11 : Plante d' <i>Avena sativa</i> (ORIGINALE, 2019).	16
Figure 12 : Système racinaire de plantule d' <i>Avena sativa</i> (ORIGINALE, 2019).....	17
Figure 13: Gro green	19
Figure 14: Chiraz obtenue à partir d'une plaquette	19
Figure 15: Sicoflore.....	19
Figure 16: Terreau universel	19
Figure 17: Essais de phytotoxicité sur la <i>Cerithe major</i> (A)et <i>Xanthium strumarium</i> (B) dans le coton (ORIGINALE, 2019).....	21
Figure 18: Essais de phytotoxicité sur <i>Avena sativa</i> (A) et <i>Daucus carota</i> (B) dans du coton (ORIGIANLE, 2019).	22
Figure 19: Différents essais de phytotoxicité sur les quatre espèces végétales dans les quatre types de substrats (ORIGINALE, 2019).	24
Figure 20:Taux de germination de <i>Daucus carota</i> dans le contrôle et les échantillons contaminés au gasoil	25
Figure 21 : Taux de germination d' <i>Avena sativa</i> dans le contrôle et les échantillons contaminés au gasoil	26
Figure 22 : Taux de germination de la <i>Cerithe major</i> dans le contrôle et les échantillons contaminés au gasoil	27

Figure 23:Longueurs de la partie aérienne et de la partie racinaire de <i>Daucus carota</i> dans le contrôle et les échantillons contaminés au gasoil.....	28
Figure 24:Longueurs racinaire et longueurs aériennes d' <i>Avena sativa</i> dans les contrôles et les échantillons contaminés	28
Figure 25 : Longueurs des parties racinaire et aérienne de la <i>Cerithe major</i> (contrôles et échantillons contaminés).....	29
Figure 26 : Taux de germination de <i>X strumarium</i> dans le Gro green	30
Figure 27: Taux de germination d' <i>A sativa</i> dans le Gro green	30
Figure 28: Taux de germination de la <i>C major</i> dans le Gro green.....	31
Figure 29 : Taux de germination du <i>Daucus carota</i> dans le Gro green.....	31
Figure 30: <i>Cerithe major</i> (A) et <i>Avena sativa</i> (B) dans le Gro green contrôle D1et contamination D2 et D3 (Originale, 2019).....	32
Figure 31: <i>Daucus carota</i> dans le Gro green contrôle D1et contamination D2 et D3 (ORIGINALE, 2019)	32
Figure 32 : Taux de germination du <i>X. strumarium</i> dans le terreau universel (contrôle et contaminés)	33
Figure 33: Taux de germination d' <i>A. sativa</i> dans le terreau universel (contrôle et contaminés)33	33
Figure 34: Taux de germination de la <i>Cerithe major</i> dans le terreau universel (contrôle et contaminé)	34
Figure 35 : Taux de germination du <i>Daucus carota</i> dans le terreau universel	34
Figure 36 : <i>C.major</i> (A), <i>A.sativa</i> (B), <i>D.carota</i> (C) et <i>X.strumarium</i> (D) dans le terreau universel contrôle D1et contamination D2 et D3 (ORIGINALE, 2019)	35
Figure 37 : Taux de germination du <i>Xanthium strumarium</i> dans le Sicoflore.....	36
Figure 38: Taux de germination d' <i>Avena sativa</i> dans le Sicoflore	36
Figure 39: Taux de germination de la <i>Cerithe major</i> dans le Sicoflore.....	37

Figure 40 : Taux de germination du <i>Daucus carota</i> dans le Sicoflore.....	38
Figure 41 : <i>Cerithe major</i> (A), <i>Avena sativa</i> (B) et <i>Daucus carota</i> (C) dans le sicoflore contrôle D1 et contamination D2 et D3 (Originale, 2019).....	38
Figure 42 : Taux de germination du <i>Xanthium strumarium</i> dans la Chiraz.....	40
Figure 43 : Taux de germination d' <i>Avena sativa</i> dans la Chiraz	39
Figure 44 : Taux de germination du <i>Daucus carota</i> dans la Chiraz.....	40
Figure 45 : Taux de germination de la <i>Cerithe major</i> dans la Chiraz.....	40
Figure 46 : <i>C.major</i> (A), <i>A.sativa</i> (B) et <i>D.carota</i> (C) dans la Chiraz contrôle D1 et les échantillons contaminés D2 et D3 (Originale, 2019).....	41
Figure 47 : <i>Xanthium strumarium</i> dans les substrats contamination à (2.5%) D2 et (5%) D3 (Originale, 2019)	41
Figure 48 : Longueur racinaire du <i>Xanthium strumarium</i> dans les différents terreaux	42
Figure 49 : Longueur de tige du <i>Xanthium strumarium</i> dans les différents substrats	43
Figure 50 : Nombre de feuilles du <i>Xanthium strumarium</i> dans les différents substrats	43
Figure 51 : Biomasse aérienne du <i>Xanthium strumarium</i> dans les différents sols	44
Figure 52 : Biomasse racinaire du <i>Xanthium Strumarium</i> dans les différents substrats	45
Figure 53 : Longueur racinaire de la <i>Cerithe major</i> dans les différents substrats.....	46
Figure 54 : Longueur de la partie aérienne de la <i>cerithe major</i> dans les différents substrats...	46
Figure 55 : Nombre de feuilles de la <i>cerithe major</i> dans les différents substrats	47
Figure 56 : Biomasse aérienne de la <i>Cerithe major</i> dans les différents substrats	48
Figure 57 : Biomasse racinaire de la <i>Cerithe major</i> dans les différents sols	49
Figure 58 : Longueur racinaire de <i>Daucus carota</i> dans les différents substrats	49

Figure 59 : Longueur de la partie aérienne de <i>daucus carota</i> dans les différents substrats.....	50
Figure 60 : Nombre de feuilles de <i>Daucus carota</i> dans les différents substrats	51
Figure 61 : Biomasse aérienne de <i>Daucus carota</i> dans les différents substrats.....	52
Figure 62: Biomasse racinaire de <i>Daucus carota</i> dans les différents substrats	52
Figure 63 : Longueur racinaire d' <i>Avena sativa</i> dans les différents substrats.....	53
Figure 64 : Longueur des tiges d' <i>Avena sativa</i> dans les différents substrats.....	56
Figure 65: Nombre de feuilles d' <i>Avena sativa</i> dans les différents substrats.....	55
Figure 66 : Biomasse aérienne d' <i>Avena sativa</i> dans les différents substrats	55
Figure 67 : Biomasse racinaire d' <i>Avena sativa</i> dans les différents substrats.....	56

Liste des abréviations

CH : Chiraz

TU : Terreau universel

SICO: sicoflore

GG: Gro green

PE : Point d'éclair

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

Vol : Volume

NPK : Azote Potassium Phosphore

D: Dose

Sommaire

*Liste des figures**Liste des tableaux**Liste des abréviations**Introduction générale..... 1**Chapitre I : Synthèse bibliographique*

1- Produit pétroliers et hydrocarbures.....	3
1-1- Principales classe d'hydrocarbure.....	3
1-2- Propriétés physiques des hydrocarbures	5
1-3- Le gasoil.....	6
1-3-1 Définition	6
1-3-2 Caractéristiques et risque lié au gasoil	7
2- Phytotoxicité	8
2-1- Contexte	8
2-2- Effets des hydrocarbures sur les espèces végétales	8
2-2-1- Effets sur la croissance de la partie aérienne.....	8
2-2-2- Effets sur le taux et la rapidité de la germination.....	9
2-2-3- Effets sur la croissance de la partie sous terraine.....	9
2-3- Utilisation des tests de phytotoxicité.....	9

Chapitre II : présentation des espèces végétales

1- <i>Xanthium strumarium</i>	
1-1- Présentation	10
1-2- Situation botanique du <i>Xanthium strumarium</i>	11
1-3- Description de fruit.....	12
2- <i>Daucus carota</i>	
2-1- Présentation	13
2-2- Caractéristique de la semence.....	13
2-3- Situation botanique de <i>Daucus carota</i>	14

3- <i>Cerithe major</i>	
3-1- Présentation	15
3-2- Situation botanique de la <i>Cerithe major</i>	16
4- <i>Avena sativa</i>	
4-1- Présentation	16
4-2- Situation botanique d' <i>Avena sativa</i>	17

Chapitre III : Matériels et méthodes

I- Matériels.....	18
1- Les substrats utilisés.....	18
2- Les produits pétroliers utilisés.....	20
3- Dispositif expérimental	20
3-1- les études préliminaires (au niveau du laboratoire)	20
3-1-1- Préparation des graines.....	20
3-1-2- Préparation des solutions.....	21
3-1-3- Mise en place des essais	21
3-2- L'études dans la serre	22
3-2-1- Préparation des graines.....	22
3-2-2- Préparation des substrats de culture	22
3-2-3- Mise en place des essais	23
4- Le suivi de l'expérience	23
4-1- Paramètres de suivi.....	23
5- Analyses statistiques	24

Chapitre IV : Résultats et discussion

I- Résultats

1- Les Résultats préliminaires.....	25
1-1- Taux de germination.....	25
a- <i>Daucus carota</i>	25
b- <i>Avena sativa</i>	25
c- <i>Cerithe major</i>	26
d- <i>Xanthium strumarium</i>	26
1-2- Croissance des plantes	
a- <i>Daucus carota</i>	27
b- <i>Avena sativa</i>	28
c- <i>Cerithe major</i>	29
2- Expérience en serre.....	29
2-1- Taux de germination.....	29
a- Gro green (GG).....	29
b- Terreau universel(TU)	32
c- Sicoflore(SICO).....	35
d- Chiraz (CH)	38
2-2- Paramètres de croissance	41
2-2-1- <i>Xanthium strumarium</i>	41
2-2-2- <i>Cerithe major</i>	45
2-2-3- <i>Daucus carota</i>	49
2-2-4- <i>Avena sativa</i>	53
II- Discussion	56
1- Les résultats au niveau de laboratoire.....	56
2- Les résultats au niveau de la serre	57

Conclusion et perspectives.....	60
--	-----------

Annexes

Introduction générale

Introduction générale

La pollution de l'environnement est devenue en quelques décennies un des problèmes majeurs qui conditionnent l'avenir de la civilisation moderne. En effet, par la nature et l'étendue de son impact, la contamination de tous les milieux continentaux et océaniques menace non seulement la santé publique, l'efficacité économique et donc le devenir de nos sociétés réputées développées, mais aussi la pérennité de la biosphère toute entière (Ramande, 1992).

Le sol est l'une des composantes principales de la biosphère, il exerce une fonction environnementale importante en contribuant à la qualité de l'environnement, non seulement en tant que partie de celui-ci, mais aussi par son influence sur la qualité de l'air et de l'eau (Calvet, 2003).

Beaucoup de substances qui parviennent dans le sol peuvent être dangereuses pour les microorganismes, les plantes, les animaux et aussi les êtres humains. Cette pollution du sol peut agir de deux façons : d'une part, les substances elles-mêmes peuvent être directement nuisibles pour les plantes, pour les animaux et les êtres humains, d'autre part, ces composés peuvent être enlevés du sol par lessivage et parvenir dans les nappes phréatiques (Bliefert, 2008).

La pollution du sol par les hydrocarbures est souvent observée dans les sols autour des installations industrielle et dans les zones où du pétrole et du gaz sont mis en jeu (Wyszkowska et Kuchariska., 2000 ; Adam et *al.*, 2002 ; Clark., 2003 ;).

La transformation, la distribution et les fuites des conteneurs de stockage du pétrole et de ses dérivés, ainsi que leur utilisation, entraînent la contamination des sols (Ayotamuno et *al.* 2006). Ce qui contribue à la modification de leurs propriétés et de leur qualité (Wyszkowska et Kucharski., 2000).

Les récents traitements biologiques mis en œuvre pour dépolluer les sols sont souvent considérés comme réservés à une catégorie restreinte tel que les hydrocarbures légers ou adaptés à des conditions particulières. Le concept d'utilisation de plantes pour la dépollution des sols est devenu un domaine à haut intérêt scientifique (Adam et *al.*, 1999). Ces méthodes devraient réduire notamment les coûts et les dommages pour l'environnement. De plus, elles sont parfois plus simples à mettre en place même sur de grandes surfaces (Vila., 2006).

Notre étude s'intéresse à la phytotoxicité des hydrocarbures sur quelques espèces végétales. L'objectif de notre étude est l'évaluation de la phytotoxicité du gasoil à différents pourcentage sur quatre espèces végétales : *Xanthiumstrumarium*, *Avena sativa*, *Daucus carotaet* la *Cerinthemajor*, et cecidans différents types de sols : la Chiraz, Sicoflore, Terreau universel et Gro green.

Le présent mémoire est scindé en quatre parties :

- La première partie présente un aperçu bibliographique sur les hydrocarbures en général et essentiellement le gasoil ainsi que sur la phytotoxicité ;
- La seconde partie aborde les caractéristiques générales des différentes espèces utilisées *Xanthium strumarium*, *Avena sativa*, *Daucus carotaet* la *Cerithe major* ;
- La troisième partie aborde les différentes approches adoptées et les protocoles d'analyses utilisés ;
- La quatrième partie est consacrée aux résultats des différents tests ainsi que leur discussion ;
- Enfin nous clôturerons ce travail par une conclusion générale et quelques perspectives.

Chapitre I

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1- Produits pétroliers et hydrocarbures

Les produits pétroliers proviennent du raffinage pétrolier. Ce dernier consiste à fractionner, par des opérations de distillation, le pétrole brut en de nombreuses coupes pétrolières qui sont ensuite plus ou moins traitées, selon l'usage du produit recherché. Chaque coupe pétrolière est un mélange complexe de composés organiques et est caractérisée par un intervalle de température d'ébullition : plus la température d'ébullition est élevée, plus le composé est lourd et a une volatilité faible (INRS, 2006).

Les hydrocarbures sont composés principalement d'alcane saturés non cycliques et cycliques, de composés aromatiques monocycliques (BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes), d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), de certains composés polaires (résines et asphaltènes) et de métaux. Leur proportion varie selon l'origine de l'hydrocarbure et le raffinage des pétroles bruts. La composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers est présentée dans le tableau 1 (Anonyme, 2015).

Tableau 1: Composition élémentaire des hydrocarbures pétroliers (Speight, 2014)

Éléments	Pourcentage
Carbone	83 à 87 %
Hydrogène	10 à 14 %
Azote	0.1 à 2 %
Oxygène	0.05 à 6 %
Soufre	0.05 à 6 %
Métaux	<0.1%

1-1 Principales classes d'hydrocarbures

Selon Fattal (2008), on distingue différentes classes d'hydrocarbures (figure1) :

- **Les alcanes**

Ils sont appelés aussi paraffines : ce sont des hydrocarbures légers, aliphatiques, saturés à chaîne droite (n-alcanes) ou ramifiée (iso-alcanes).

▪ **Les cycloalcanes**

Ils sont appelés aussi naphènes ou cycloparaffines, ce sont des hydrocarbures saturés avec des cycles. Ils ont un cycle constitué de six atomes de carbones formant une chaîne carbonée fermée. Cette catégorie est représentée par des composés qui contiennent de 1 à 6 cycles, qui peuvent aussi être ramifiés.

▪ **Les hydrocarbures aromatiques**

Ce sont des composés insaturés dont la molécule contient de 1 à 6 cycles benzéniques, le cas des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

▪ **Les asphaltènes et les résines (Polaires)**

Les asphaltènes sont des composés stables de très haut poids moléculaires. En plus des atomes de carbone et d'hydrogène, ils contiennent des hétéroatomes d'azote, de soufre ou d'oxygène. Ils se caractérisent par un point d'ébullition élevé et on les retrouve dans les résidus de raffinage. Les résines sont riches en carbone, composées de six molécules de type benzénique. Ce groupe de composés très stables est généralement le plus persistant sur les littoraux car ils forment des goudrons.

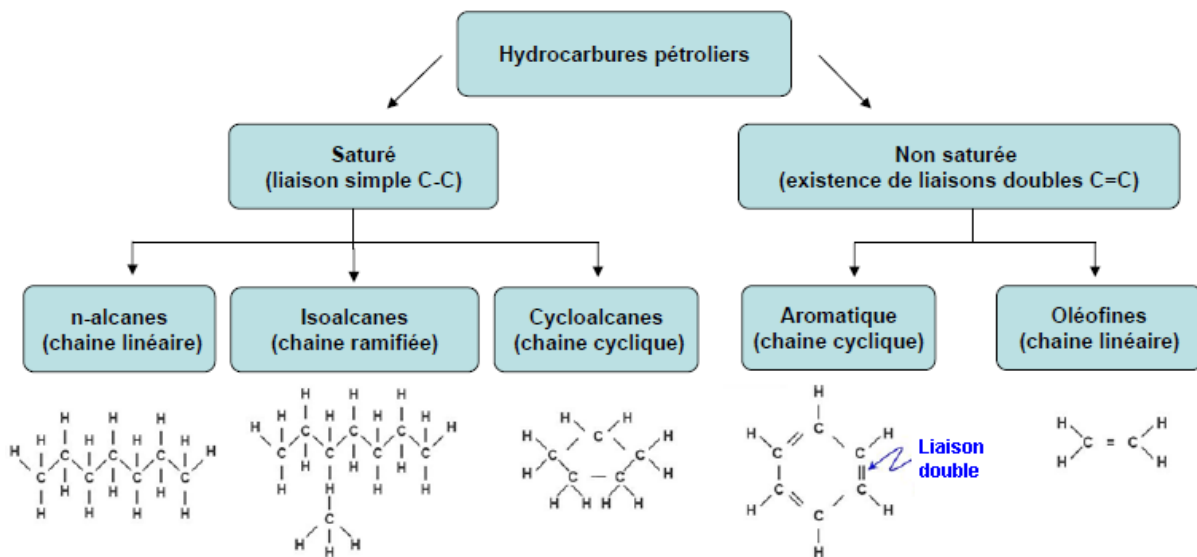


Figure 1: Structure moléculaire de base des principaux hydrocarbures pétroliers (Colombano et al.,2008).

1-2 Propriétés physiques des hydrocarbures

Selon CEAEQ (2015), plusieurs propriétés physiques permettent de caractériser et de distinguer les hydrocarbures pétroliers, ainsi que de prédire leurs comportements dans l'environnement.

- **La viscosité**

Elle peut être définie comme la résistance à l'écoulement d'un liquide. Elle influence ainsi la propagation d'une nappe d'hydrocarbures à la surface de l'eau. Des hydrocarbures pétroliers ayant une faible viscosité sont très fluides et se propagent rapidement, rendant leur confinement difficile. Notons que la viscosité est influencée par la température. En effet, plus la température est faible, plus la viscosité est élevée. Enfin, la viscosité influence les processus d'évaporation et d'émulsification des hydrocarbures (CEAEQ, 2015).

- **Le point d'écoulement**

C'est la température à laquelle un produit commence à s'écouler (CEAEQ, 2015). Le point d'écoulement des produits pétroliers est la plus basse température à laquelle un produit contenu dans un tube à essai ne coule plus lorsque celui-ci est incliné (Wakai, 2012).

- **La densité**

Selon Lumières *et al.* (2001), la densité varie avec la longueur des chaînes carbonées. La plupart des hydrocarbures (C5 à C26), s'accumuleront sélectivement en surfaces de la nappe (densité inférieure à 1) et les hydrocarbures les plus lourds s'accumuleront au plancher de celle-ci (densité supérieure à 1).

- **La solubilité**

C'est la capacité d'une substance à se dissoudre dans la colonne d'eau. Cette propriété est importante chez les hydrocarbures, car certains, une fois solubilisés, peuvent être toxiques pour les organismes aquatiques, même à très faibles concentrations (CEAEQ, 2015).

- **Le point d'éclair**

C'est la température à partir de laquelle un produit dégage suffisamment de vapeur, pour former avec l'air un mélange inflammable, au contact d'une flamme ou d'une étincelle (CEAEQ, 2015).

▪ **Le point d'ébullition**

Chaque fraction d'hydrocarbures a une température d'évaporation ; les fractions légères s'évaporent à des températures relativement basses, inférieures à 20C°, contrairement aux hydrocarbures lourds qui exigent des températures supérieures à 100C° (Fattal, 2008).

▪ **La tension superficielle**

Selon Fattal (2008), la tension superficielle dépend de la température et permet de mieux appréhender la vitesse d'étalement des nappes d'hydrocarbures. Plus la température augmente, plus la tension superficielle diminue et plus la vitesse d'étalement est importante. Dans ce cas, de vastes surfaces sont touchées par l'étalement.

1-3- Gasoil

1-3-1- Définition

Selon Bona (2011), c'est un mélange complexe d'hydrocarbures tel que les alcanes à faible poids moléculaire et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Il contient également du soufre, de l'azote et de l'oxygène à de faibles concentrations ainsi que des métaux tels que le plomb, le nickel, le sodium, le calcium, le cuivre et l'uranium. C'est un liquide incolore ou légèrement jaune qui présente une odeur de pétrole. Les gazoles contiennent 2000 à 4000 hydrocarbures différents, dont le nombre d'atomes de carbones varie entre 11 et 25. Le gasoil est plus lourd que l'essence et il est composé de produits moins volatils (Colombano et al. 2014). Les principales propriétés physico-chimiques du gasoil sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2: Propriétés physico-chimiques du gasoil (Colombano et al., 2014).

Température d'ébullition	Solubilité dans l'eau	Masse volumique à 15°C	Limites d'explosivité dans l'air	Pression de vapeur saturante
170-390 °C	Très peu soluble	0.82-0.89g/cm ³ (820-890g/l)	Inférieure : 1% vol Supérieure : 6% vol	1hPa à 20°C

1-3-2- Caractéristiques et risques liés au gasoil

a- La toxicité

Les gasoils sont caractérisés par une fraction variable (selon la provenance du pétrole brut) d'hydrocarbures aromatique et d'HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques). L'exposition cutanée répétée doit être particulièrement évitée car les HAP peuvent provoquer des cancers de la peau. Rappelons que ces mêmes HAP peuvent aussi être à l'origine des cancers broncho-pulmonaires. Il est noté que le gazole ne contient pas de benzène, le point initial d'ébullition de ce carburant étant très supérieur à la température de distillation du benzène (Boust et Lebreton, 2006).

b- Risque d'incendie/explosion

Le gasoil (Point d'éclair (PE) >55°C) est classé liquide inflammable de catégorie 3 et est associé à la mention de danger H226 s'il présente un point d'éclair inférieure à 60°C. Les mélanges de ce type d'hydrocarbures, présentant des points d'éclairs variant dans une gamme comprise entre 55 et 75°C en fonction des exigences saisonnières, doivent également être considérés comme liquide inflammable de catégorie 3. Concrètement, les fabricants classent le gasoil comme liquide inflammable (mention de danger H226) en raison de ses propriétés physico-chimiques (Boust et Lebreton, 2006).

c- La réactivité chimique

Les combustibles et carburants sont des composés stables, et de manière générale assez peu réactifs (hors incendie). Ils sont réputés incompatibles avec des composés oxydant fort (permanganate, acide nitrique concentré...) (Boust et Lebreton, 2006).

d- Le risque pour l'environnement

En cas de déversement ou de fuites dans le milieu naturel, les fractions les plus légères vont, généralement, s'évaporer et selon les circonstances, les fractions non volatiles se disperseront dans l'environnement aquatique ou seront absorbées dans le sol créant éventuellement une pollution des nappes souterraines. La majeure partie de l'impact environnemental des carburants et combustibles a lieu lors de leur utilisation. La combustion des carburants est responsable des émissions de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote (NOX) et de particules de diesel lors de l'utilisation de gasoil (Boust et Lebreton, 2006).

2- Phytotoxicité

2-1- Contexte

L'utilisation de systèmes à base de plantes pour nettoyer les sols contaminés est devenue un domaine d'étude scientifique intense au cours des dernières années, et il est évident que les plantes qui poussent bien dans des sols contaminés doivent être identifiées et étudiées pour une utilisation en phytoremédiation (Adam et Duncan, 2002). Dans cette perspective, les tests de phytotoxicité peuvent nous aider à déterminer et à sélectionner des espèces végétales tolérantes pouvant être utilisées en phytoremédiation, ces tests consistent à étudier les effets des polluants sur la germination et la croissance des espèces végétales (Luhach et Chaudhry, 2012).

2-2- Effets des hydrocarbures sur les espèces végétales

Les effets des produits pétroliers sur les espèces végétales peuvent varier en fonction de plusieurs paramètres : le type de polluant (le diesel par exemple étant plus toxique pour les plantes que l'essence) ; la concentration du sol en polluants ; le type d'espèces végétales (les espèces réagissant différemment face à la contamination). La fraction volatile du carburant diesel peut jouer un rôle déterminant pour retarder la levée des semences et réduire le pourcentage de germination. En outre, le carburant diesel restant dans le sol ajoute un effet inhibiteur sur la germination en empêchant physiquement le transfert de l'eau et de l'oxygène entre les graines et le sol environnant, gênant ainsi la réponse germinative (Adam et Duncan, 2002). Le gasoil retardent considérablement la germination, réduisent le pourcentage de germination, influencent la hauteur de la tige, la longueur racinaire, la production de feuilles, la surface foliaire et la biomasse végétale (Njoku et al, 2008

Selon plusieurs études (Adam et Duncan, 2002 ; Ogbo, 2009 ; Bona et al. 2011 ; Oultaf, 2015), les produits pétroliers peuvent avoir divers effets sur les espèces végétales :

2.2.1. Effets sur la croissance de la partie aérienne

Une diminution à la fois de la longueur de la tige, du nombre de feuilles, de la surface foliaire, ainsi que de la biomasse peut survenir, en fonction des espèces et des niveaux de contamination.

2.2.2. Effets sur le taux et la rapidité de la germination

Le taux de germination peut être significativement réduit, en fonction du type d'espèces végétales.

Un temps de latence correspondant à un retard de la germination peut aussi apparaître.

2.2.3. Effets sur la croissance de la partie sous-terrine

Une diminution à la fois de la longueur de la racine et de la biomasse peut survenir, en fonction des espèces et des niveaux de contamination.

2-3- Utilisation des tests de phytotoxicité

Selon Adam et Duncan (2002) ; Ogbo (2009) et Luhach et Chaudhry (2012), on peut considérer les paramètres suivants :

a- Le taux de germination

Il s'agit d'évaluer les risques d'inhibition de la germination des semences mises en contact avec différentes concentrations du produit testé. Le pourcentage de germination peut être calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Pourcentage de germination}\% = \frac{\text{nombre de graines ayant germé}}{\text{nombre total de graines}} * 100$$

b- Hauteur des plantes

Elle consiste à mesurer en centimètre (cm), à l'aide d'une règle graduée, la croissance en longueur des plantes afin d'évaluer les risques d'inhibition de la croissance des parties aériennes des végétaux supérieurs mis en contact avec différentes concentrations du produit testé.

c- La biomasse végétale

Elle consiste à peser avec une balance, le poids frais de la partie aérienne et la partie souterraine afin d'évaluer les risques d'inhibition de la croissance de ces derniers mis en contact avec les produits testés.

d- La longueur racinaire

Elle consiste à mesurer en centimètre (cm), à l'aide d'une règle graduée, la croissance en longueur des racines afin d'évaluer les risques d'inhibition de la croissance des parties souterraine des végétaux supérieurs mis en contact avec différentes concentrations du produit testé.

CHAPITRE II

Présentation des espèces végétales

Chapitre II : Présentation des espèces végétales

Plusieurs espèces végétales ont été choisies pour leur large distribution écologique ainsi que pour leur capacité d'adaptation dans divers substrats ayant subits des contaminations par le carburant gasoil. Plusieurs tests de phytotoxicité (test de germination, longueur racinaire et longueur de la tige et la biomasse racinaire et aérienne) sont nécessaires pour sélectionner les espèces potentiellement intéressantes pour la phytoremédiation des sols pollués par les produits pétroliers.

Pour notre étude, nous avons utilisé quatre espèces végétales : *Xanthium strumarium*, *Daucus carota*, *Avena sativa* et *Cerinth major*

1- *Xanthium strumarium* (lampourde glouteron)

1-1- Présentation

C'est une plante herbacée annuelle, elle appartient à la famille des Astéracées (Figure N° 2). Sa taille varie entre 30 et 120 cm de hauteur, sa tige est robuste, rameuse, pubescente et non épineuse. Elle est caractérisée par des feuilles longuement pétiolées, pubescentes, rudes, grisâtres en dessous, ovales-triangulaires, obliques à la base et à 3-5 lobes anguleux et dentés (Mamarot, 2002). Elle est assez commune dans une grande partie de l'Europe, en Asie occidentales, en Afrique du nord et elle est naturalisée en Amérique du nord (Love et Dansereau, 1959).



Figure 2 : Plante adulte de *Xanthium strumarium*.

Selon Weaver (1983), *X.strumarium* tolère une variété de sol allant de l'argile humide au sable sec, mais préfère un sol sableux compact.

On la rencontre sur des sols lourds ou légers, acides, neutres ou basiques. Peu fréquente mais pouvant être localement abondantes (Mamarot, 2002).

Ci-dessous (Figure N°3), un individu de *X.strumarium* caractérisé par deux **cotylédons** (6 à 7.5 mm de long) très étroits, allongés et des feuilles simples, elliptiques à ovales régulièrement dentées (Weaver, 1983).



Figure 3 : Plantule de *Xanthium strumarium* (Originale, 2019).

La Racine de *X.strumarium* présenté dans la Figure N°4, va en s'amenuisant (plus mince), elle est robuste et ligneuse (Torr et Gray, 2016).



Figure 4 : Système racinaire du *Xanthium strumarium* (Originale, 2019).

La floraison a lieu de juillet à septembre, exclusivement au printemps et en été.

1-2- Systématique de *Xanthium strumarium*

La classification botanique de l'espèce *X.strumarium* selon Linné (1753) est présentée ci-dessous :

Ordre Asterales

Famille Asteraceae

Genre *Xanthium*

Espèces *Xanthium strumarium* (Linné., 1753).

1-3- Description de fruit

Le fruit ellipsoïde (Figure N°5), peut mesurer jusqu'à 17mm (Bruneton, 1996). Il est hérissé d'épines rigides en crocher au sommet. Il se termine par deux becs épais droits et divergents ou arqués et convergents (Mamarot, 2002). Le tableau N°3 présente les principales caractéristiques de la graine de *X.strumarium*.



Figure 5 : Fruit du *Xanthium strumarium* (Originale, 2019).

Tableau 3 : Caractéristiques des fruits de *Xanthium strumarium*.

DIMENSION	COULEUR	FORME	ORNEMENTATION	FRUIT
5-8 X 12-17 mm	Jaunâtre	-Ellipsoïde à fusiforme -Présence de deux becs égaux, courts et trapus -Fortes épines	-Épines latérales lisses, divergentes	Capitule à 1 ou 2 graines

2- *Daucus carota*

2-1- Présentation

Cette plante est appelée aussi la carotte sauvage. C'est une plante prairial, bisannuelle et présente dans toutes les régions et sur tous les sols (Mamarot, 2002).

Daucus carota (Figure N°6) appartient à la famille des Apiaceae (Peircer, 1987). Sa taille varie entre 30 et 80 cm.



Figure 6 : Plante adulte de *Daucus carota* (Originale, 2019).

Cette espèce présente des cotylédons filiformes, d'assez grande taille. Ses feuilles sont molles à segment ovales, incisées-dentés. Sa tige est striée, ramifiée, hérissée et dressée (Figure N°7).

D.carota est caractérisée par des fleurs blanches ou rosées dont la partie centrale est presque toujours purpurine. La floraison a lieu de mai à octobre.

2-2- Caractéristique du fruit

D.carota est caractérisé par ses fruits, ellipsoïdes de 2 à 4 mm de long, sont munis d'aiguillons non confluent à la base et égalant en longueur la largeur de fruit (Mamarot, 2002).



Figure 7 : Plantule de *Daucus carota* (Originale, 2019).

- La racine pivotante est blanche-violette et étroite (Figure N°8).



Figure 8 : Système racinaire d'une jeune plantule de *D.carota* (Originale, 2019).

2-3- Systématique de *Daucus carota*

La classification botanique de l'espèce *D.carota* selon Linné (1753) :

Ordre Apiales

Famille Apiaceae

Genre *Daucus*

Espèce *Daucus carota* (Linné, 1753)

Sous-espèces *Daucus carota* sub sp.carota

3- *Cerithe major*

3-1- Présentation

Cette plante appelée aussi mélinet (Figure N°9). C'est une plante annuelle, hermaphrodite de la famille des Boraginaceae, d'une hauteur de 20 à 40 cm, des champs pierreux ou sablonneux des régions d'Europe méditerranéenne et d'Afriques septentrionale.

L'espèce *C.major* est munie **de cotylédons** obovales-spatulées (forme ovale, dont la partie supérieure est plus large que la partie inférieure). Leurs fleurs, jaunes ou purpurines assez grandes, se présentent sous forme de grappes courtes et serrées.



Figure 9 : Plante adulte de *Cerithe major*.

Elle est caractérisée par **une racine** grêle, pivotante, d'une tige glabre (ne portant pas de poils) (Figure N°10 (A)) et des feuilles très rudes, ciliées, ponctuées de tubercules blancs. La floraison a eu lieu de mars à juin.

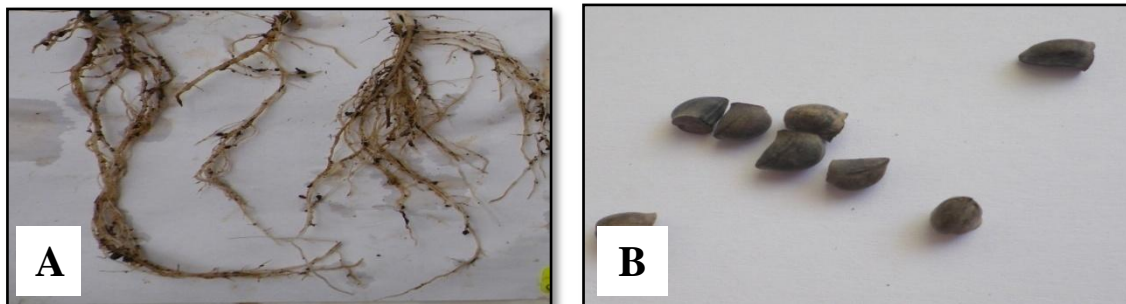


Figure 10 : Système racinaire (A) et les semences (B) de la *Cerithe major*.

3-2- Systématique de la *Cerithe major*

La classification botanique de l'espèce *C. major* selon Linné

Ordre Boraginales

Famille Boraginaceae

Genre *Cerithe*

Espèces *Cerithe major* (Linné, 1753)

Sous-espèces *Cerithe major* subsp. *major*

4- *Avena sativa*

4-1- Présentation

L'avoine cultivée est une graminée hermaphrodite annuelle et originaire d'Afrique du nord et du Moyen-Orient. Il s'agit d'une espèce de climat tempéré. Elle est caractérisée par des feuilles planes, glabres, pubescentes et deux fleurs fertiles non articulées avec le rachis (Figure N°11). Cette plante est une monocotylédone de la famille des Poaceae de type C3. Sa tige cylindrique mesure de 50 à 1m50 de hauteur, au port dressé. La floraison a lieu de Mai à Juillet, 4 à 5 mois après le semis.



Figure 11 : Plantes d'*Avena sativa* dans la Chiraz (Originale, 2019).

Les inflorescences sont des panicules minces lâches. Elles mesurent 8 à 30 cm de long, portant des épillets de deux à trois fleurs vertes, mesurant 20 à 25 mm de long.

Avena sativa contient un système racinaire fasciculé et relativement puissant, pouvant s'enraciner jusqu'à plus de 1m50 de profondeur (Figure N°12). Elle peut produire au niveau des nœuds des racines adventices.



Figure 12 : Système racinaire de plantule d'*Avena sativa* (Originale, 2019).

4-2- Situation botanique d'*Avena sativa*

La classification botanique de l'espèce *A. sativa* selon (Linné, 1753)

Ordre Poales

Famille Poaceae

Genre *Avena*

Espèces *Avena sativa* (Linné, 1753)

Sous-espèces *Avena sativa* subsp. *sativa*

CHAPITRE III

Matériels et méthodes

Matériels et méthodes

Introduction

Notre travail a pour objectif d'évaluer la toxicité du gasoil sur la germination des graines et la croissance de quatre types d'espèces végétales *X.strumarium*, *D.carota*, *A.sativa* et *C.major*.

Pour ce faire, nous avons réalisé des études préliminaires au niveau du laboratoire en utilisant du coton. Notre second essai a été mené au niveau d'une serre en utilisant du sol comme substrat.

Ce chapitre a pour but de décrire les différentes méthodes mise en œuvre au cours de ce travail.

I- Matériels

1- Les substrats utilisés

- Gro green (GG)

Substrat d'importation, très riche en éléments minéraux. Représenté dans la Figure N°13.

- Chiraz (CH)

La briquette de Chiraz pèse 1 kg, elle est importée de Belgique. Elle est composée des fibres de Noix de coco compressé (Figure N°14). La Chiraz est un produit purement biologique, 100% organique et considérée comme une alternative très valable des tourbes et des substrats inorganiques. La Chiraz a une excellente capacité de rétention d'eau et une bonne porosité d'air d'environ 10%. Elle montre un rapport carbone / azote (C/N) assez élevé résultant d'une forte résistance à la décomposition biologique ou chimique donc une longue durée de vie.

- Sicoфlore(SICO)

C'est un substrat pour des jeunes plantes constituées d'un mélange de tourbes de hauts marais du Nord de l'Allemagne peu et fortement décomposées. Par la composition des éléments nutritifs qui sont ajoutés, ce substrat est particulièrement approprié à la culture des jeunes plantes. Le substrat est livré à un taux d'humidité qui permet son utilisation immédiate. Il peut être utilisé par toutes les machines de rempotage ou à mottes (Figure N°15).

- **Terreau universel (TU)**

C'est un terreau avec engrais minéral d'importation destiné pour toute utilisation. Il est adapté pour la culture des plantes de la maison, des balcons, des terrasses et du jardin (plantes à massif, arbres fruitiers et d'ornement...etc) à l'exception des plantes qui exigent une terre de Bruyère. Il convient aussi pour toutes les utilisations : rempotage, repiquage, plantation et terreautage.

Tableau 4 : Principaux composants du terreau universel.

Composition	Tourbe blonde et brune, écorce compostée
Dosage	1.7 kg /m ³ d'engrais NPK 14-14-14
Matière sèche/produit brut	30 %
Matière organique / matière sèche	60 %

Ce terreau est prêt à l'emploi ; il est composé de tourbes enrichies d'écorces finement compostés de fumiers (Tableau N°5), c'est un milieu moelleux, aéré et équilibré qu'est présenté dans la figure ci-dessous (Figure N°16).



Figure 13: Gro green



**Figure 14: Chiraz obtenue à partir
D'une plaquette**



Figure 15: Sicoflore



Figure 16: Terreau universel

▪ **Autres substrats :**

- Sable.
- Terre du jardin.

2- Les produits pétroliers utilisés

▪ Le gasoil

Le gasoil est une huile lourde composée d'un mélange d'hydrocarbures (paraffiniques, naphthéniques, aromatiques et oléfiniques) pratiquement insoluble dans l'eau. Il est utilisé comme carburant dans les moteurs diesel. Sa densité est d'environ 0,833 et sa formule chimique est $C_{12}H_{24}$.

3- Dispositif expérimental

Pour réaliser notre étude, nous avons réalisé deux expériences ; la première au niveau du laboratoire et la deuxième sous serre.

▪ Le matériel utilisé

- Boîtes de pétri étiqueté
- Coton
- Balances de précision (50g et 500g)
- Bécher de 250 ml
- Baguette de verre
- Pipette
- Règle graduée
- Tamis
- Bassine
- Eau distillée

3- 1- les études préliminaires (au niveau de laboratoire)

▪ La méthodologie de travail

L'étude consiste en une évaluation des effets toxiques du gasoil sur les quatre espèces végétales *X.strumarium*, *D.carota*, *A.sativa* et *C.major*.

Nous nous sommes intéressés aux paramètres suivants : le taux de germination durant deux semaines, la longueur de parties aérienne et racinaire.

Ainsi, cette étude nous permet d'évaluer le degré de tolérance des espèces végétales choisies aux différentes concentrations du gasoil.

3-1-1- Préparation des graines

Dix graines de chaque espèce ont été utilisées pour chaque boîte de Pétri.

3-1-2- Préparation des solutions

Cinq solutions avec différentes concentrations de gasoil (5 %, 10 %, 15 %, 20 % et 25 %) ont été préparées en utilisant la méthode m/m (masse/masse). Les quantités du gasoil ci-dessous ont été dilués avec de l'eau distillée jusqu'à 20 gramme de solution totale.

Pour 5% du gasoil, nous avons pesé 1g de gasoil (1g de gasoil = 20g de solution*5/100).

Pour 10% du gasoil, nous avons pesé 2g de gasoil

Pour 15% du gasoil, nous avons pesé 3g de gasoil

Pour 20 % du gasoil, nous avons pesé 4g de gasoil

Pour 25% du gasoil, nous avons pesé 5g de gasoil

Nous avons effectué trois répétitions pour chaque concentration de polluant. Une solution témoin est préparée avec de l'eau distillée seulement.

3-1-3- Mise en place des essais

Le semi a été réalisé le 25/03/2019 pour les cinq niveaux de contamination et le témoin, dans différentes boîtes de Pétri étiquetées (Figures N°17 et N°18).

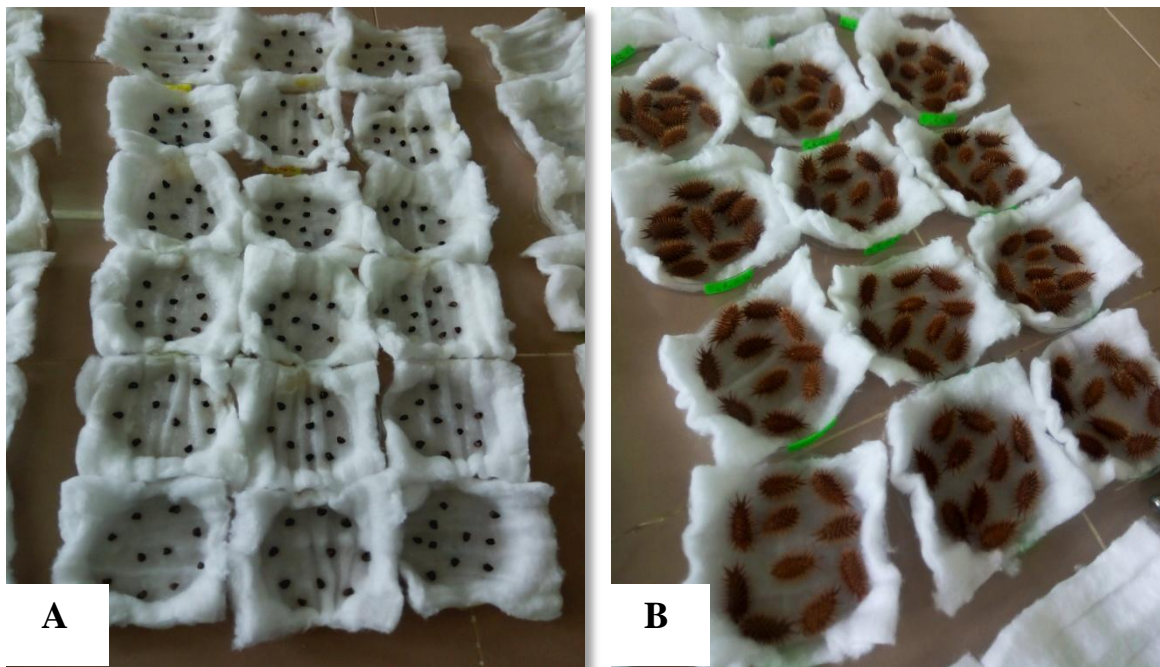


Figure 17: Essais de phytotoxicité sur la *Cerinthe major* (A) et *Xanthium strumarium* (B) dans le coton (Originale, 2019).

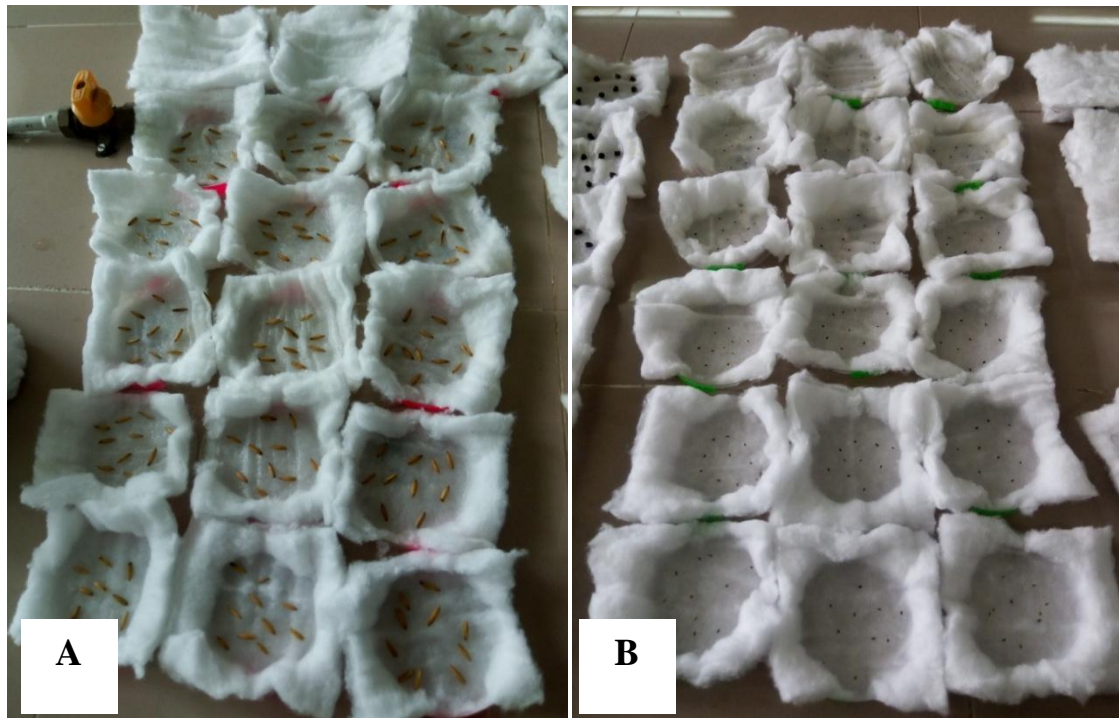


Figure 18: Essais de phytotoxicité sur *Avena sativa* (A) et *Daucus carota* (B) dans du coton (Originale, 2019).

3-2- L'étude dans la serre

La deuxième expérience est réalisée avec plusieurs substrats dans la serre.

3-2-1- Préparation des graines

Nous avons utilisé la même méthode que celle des études préliminaires.

3-2-2- Préparation des substrats de culture

Nous avons préparé plusieurs substrats : la Chiraz, le terreau universel, le Gro green et le Sicoflore.

- Préparation de la terre du jardin

La terre du jardin est étalée à l'air libre pour subir un séchage naturel, puis tamisée avec un tamis de 2 mm.

Billes d'argile ont été utilisées pour le drainage de l'eau.

- Les substrats non contaminés (contrôles)

- Pot 1 : 1/3 de sable + 1/3 de terre du jardin + 1/3 de Chiraz
- Pot 2 : 1/3 de sable + 1/3 de terre du jardin + 1/3 de Terreau universel
- Pot 3 : 1/3 de sable + 1/3 de terre du jardin + 1/3 de Gro green
- Pot 4 : 1/3 de sable + 1/3 de terre du jardin + 1/3 Sicoflore

Deux répétitions ont été effectuées.

Remarque : Dans chaque pot, il y a 300 g de substrat.

- Les contaminations

Les substrats préparés sont pollués à différentes concentrations du gasoil (2,5%, 5%). On a utilisé la méthode m/m (masse/masse) pour préparer les divers niveaux de contamination

Le substrat non contaminé (contrôle).

Niveau de contamination de 2,5% : 7,5g de gasoil + 292,5g de substrat.

Niveau de contamination de 5% : 15g de gasoil + 285g de substrat.

3-2-3-Mise en place des essais

Le semis a été réalisé le 30/04/2019, pour les diverses cultures dans 72 pots de 300g du substrat. Dix graines ont été utilisées pour la *Cerithie major* et *Avena sativa*, et 6 graines pour *Xanthium strumarium*.

Le semis a été réalisé le 05/05/2019 pour *Daucus carota*, dans 24 gobelets en plastique, en semant 10 graines par gobelet. Voir la Figure N°19.

4- Le suivi de l'expérience

L'observation et le suivi de l'évolution de la germination des cultures s'est fait régulièrement avec un arrosage au besoin, pendant une durée de deux semaines. Les longueurs racinaires, la partie aérienne, le nombre de feuilles et la biomasse ont été mesurées à la fin de l'expérience.

4-1- Paramètres de suivi

- Taux de germination

Il consiste à établir un pourcentage de germination dans chaque répétition en dénombrant les graines germées durant une période donnée, par la formule suivante :

$\text{Taux de germination} = (\text{nombre de graines germées} / \text{nombre de graines semées}) \times 100$
--

- Hauteur des plantes

Elle consiste à mesurer, à l'aide d'une règle graduée, la croissance en longueur des plants.

- Nombre de feuilles par plante

Après deux semaines de culture, nous avons procédé au comptage des feuilles de chaque plante de chaque espèce végétale.

- Biomasse aérienne

Il s'agit de peser la partie aérienne des plantes de chaque pot à l'état frais. La partie aérienne étant séparée de la partie racinaire.

- Biomasse racinaire

Elle consiste à mesurer le poids des racines. La partie racinaire étant séparée de la partie aérienne nettoyée avec l'eau du robinet.



Figure 19: Différents essais de phytotoxicité sur les quatre espèces végétales dans les quatre types de substrats (Originale, 2019).

4- Analyse statistique

Les résultats ont fait l'objet d'analyses de la variance (ANOVA) et du test de Kruskal-Wallis lorsque la normalité est non vérifiée. La normalité des données a été vérifiée par le test Shapiro-Will. Le test de Newman-Keuls a été utilisé comme test post-hoc. Ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel Statistica.

Chapitre IV

Résultats et discussion

Résultats et discussion

I- Résultats

1- Les résultats préliminaires

Pour l'évaluation de la phytotoxicité du gasoil à différentes concentrations, sur les diverses espèces utilisées (*Avena sativa*, *Daucus carota* et la *Cerithe major*). Le taux de germination, la longueur racinaire et la longueur de la partie aérienne ont été suivis durant l'expérience.

1-1- Taux de germination

a- *Daucus carota*

Les résultats du taux de germination de *D.carota* en fonction du temps dans les différents milieux contaminés au gasoil aux doses (5%, 10%,15%, 20%, 25%) ainsi que le contrôle 0%, sont illustré par la Figure N°20. Il en ressort que la germination dans le contrôle est tardive par rapport au milieu de contamination à 5%. Cependant le contrôle atteint un taux de germination maximal (73%) plus rapidement que tous les autres échantillons. Les résultats de l'analyse de la variance montrent des variations non significatives des valeurs (P-value= 0,258988).

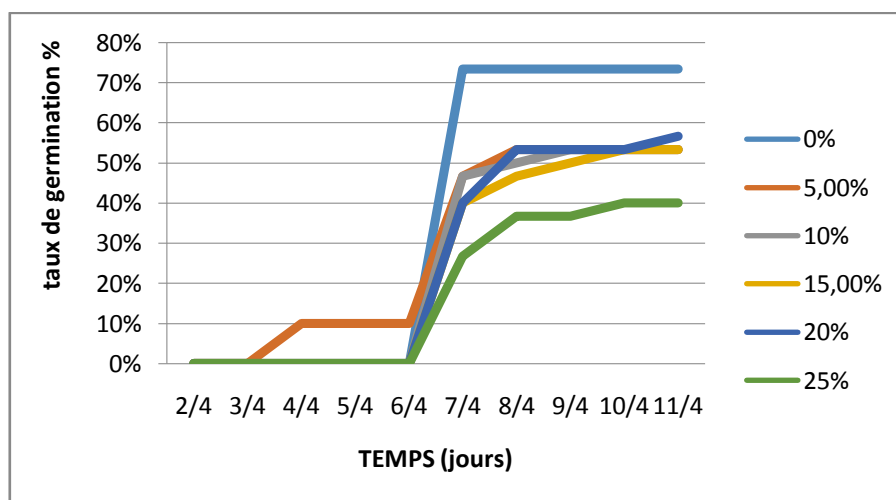


Figure 20: Taux de germination de *Daucus carota* dans le contrôle et les échantillons contaminés au gasoil.

b- *Avena Sativa*

Les résultats du taux de germination d'*A.sativa* en fonction du temps dans les différents milieux contaminés au gasoil aux doses (5%, 10%,15%, 20%, 25%) ainsi que le contrôle 0%, sont illustré par la Figure N°21. Nous constatons que la germination dans le contrôle est

précoce par rapport aux autres milieux de contaminations à différentes concentrations du gasoil. Le taux de germination dans les différents milieux contaminés augmente au fil du temps (jours). Le taux de germination le plus élevé, dans le milieu contaminé, est noté au niveau de l'échantillon contaminé à 20%.

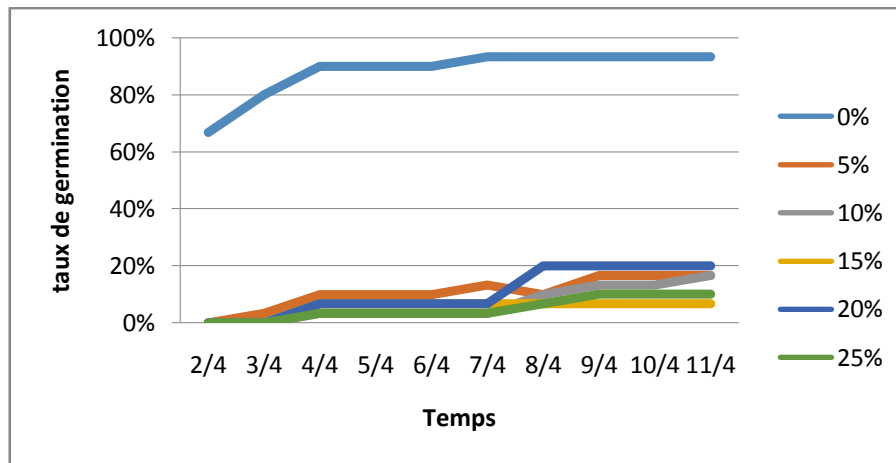


Figure 21 : Taux de germination d'*Avena sativa* dans le contrôle et les échantillons contaminés au gasoil.

L'Analyse de la variance a montré qu'il y a une différence significative des valeurs ($P=0,000001$). Le test post-hoc (Annexe 1) a classé les taux de germinations d'*A.Sativa* en deux groupes homogènes (Tableau N° 1) ; dans le groupe 1 sont classés les échantillons contaminés (D2, D3, D4, D5 et D6), le contrôle D1 est classé dans le groupe 2.

c- *Cerithe major*

Les résultats du taux de germination de la *C.major* en fonction du temps dans les différents milieux contaminés au gasoil aux doses (5%, 10%, 15%, 20%, 25%) ainsi que le contrôle 0%, sont illustré par la Figure N°22. Nous avons remarqué que la germination au niveau du contrôle a atteint un taux de 85% et elle est supérieure à celle des échantillons contaminés aux différentes doses.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence significative des variables ($P\text{-value}=0,000297$). Le test post-hoc (Annexe 1) nous a permis de classer les taux de germinations des différentes espèces en deux groupes homogènes (Tableau N°2); dans le groupe 1 sont classés les échantillons contaminés aux doses (5%D2, 10%D3, 15%D4, 20%D5 et 25% D6), le groupe 2 contient le contrôle 0% D1.

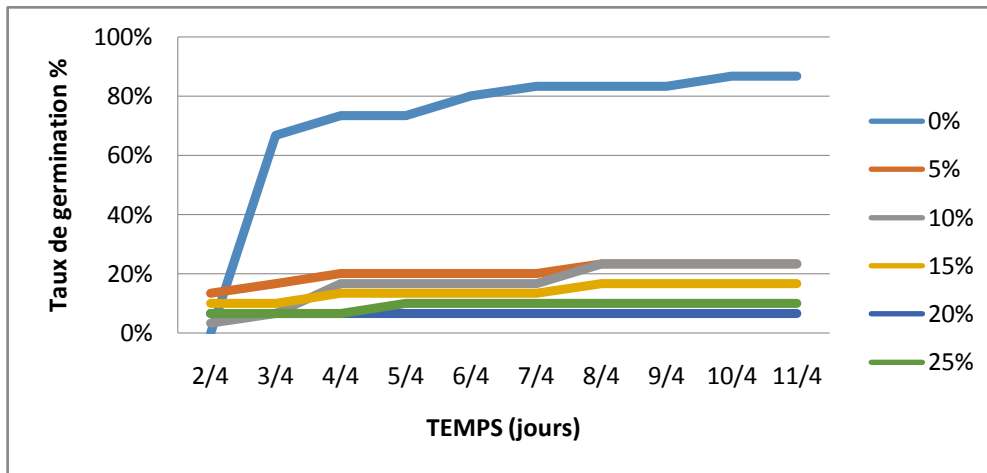


Figure 22 : Taux de germination de la *Cerinthe major* dans le contrôle et les échantillons contaminés au gasoil.

d- Xanthium strumarium

L'espèce *Xanthium strumarium* n'a pas germé au niveau des essais réalisés au laboratoire.

1-2- Croissance des plantes

a- Daucus carota

Les résultats des longueurs des racines et des tiges de *D.carota* dans le contrôle D1 et les échantillons contaminations aux doses 5%,10%,15%,20% et 25% ainsi que le contrôle 0% sont illustrées dans la Figure N°23.

Nous avons noté une augmentation de la longueur racinaire au niveau des échantillons contaminés à 5% (D2) et 10% (D3) suivie d'une diminution de la longueur dans les autres échantillons contaminés aux doses 15%,20% et 25%. Cependant, l'Analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les doses et le contrôles ($P=0,546694$).

Nous avons noté une diminution de la longueur de la partie aérienne avec l'augmentation de la concentration du gasoil. Les valeurs les plus élevées sont notées au niveau de contrôle D1 (0%). L'Analyse de la variance a montré une différence significative entre les échantillons ($P=0,000020$).

Le test post-hoc (Annexe N°1) montre trois groupes homogènes pour la longueur de la partie aérienne (Tableau N°3) d'un côté les doses D3, D4, D5 et D6, le deuxième groupe est composé de la dose D2, d'autre part le groupe 3 contient le contrôle D1.

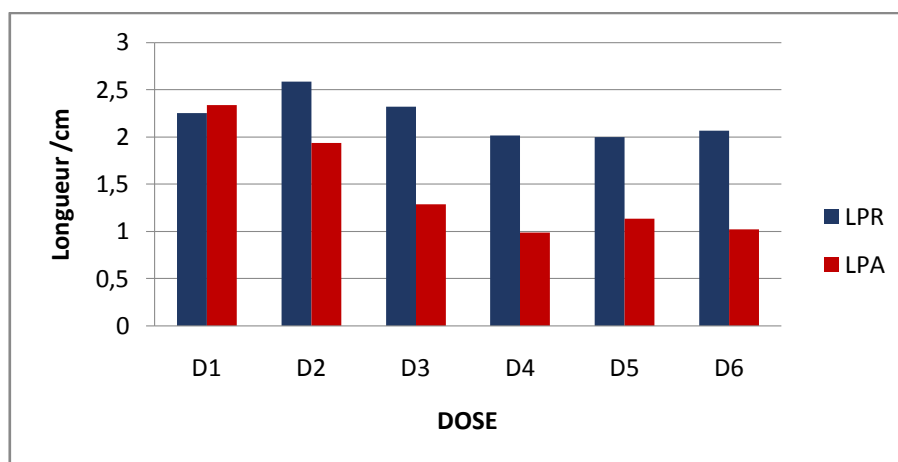


Figure 23: Longueurs de la partie aérienne et de la partie racinaire de *Daucus carota* dans le contrôle et les échantillons contaminés au gazoil.

b- *Avena sativa*

Les résultats des longueurs des racines et des tiges d'*A. sativa* dans les échantillons contaminés aux doses 5%, 10%, 15%, 20% et 25% ainsi que le contrôle 0% sont illustrées dans la Figure N°24. Nous avons constatés dans les échantillons contaminés à 5% (D2) et 10% (D3) une absence totale de la partie aérienne comparée au contrôle D1 où elle atteint 16 cm de longueur. Cependant, l'Analyse de la variance nous a montré des variations non significatives ($P=0,216296$).

La longueur racinaire des échantillons contaminés D2 et D3 est inférieure au contrôle D1. L'Analyse de la variance a montré des variations non significatives ($P=0,333852$) de la longueur racinaire dans les différents échantillons. Une absence totale de la racine pour les autres échantillons contaminés (D4, D5 et D6).

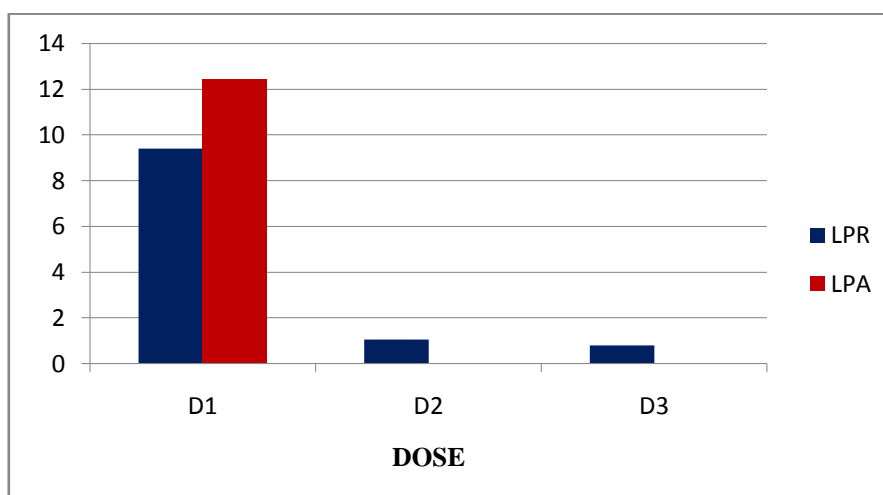


Figure 24: Longueurs racinaire et longueurs aériennes d'*Avena sativa* dans les contrôles et les échantillons contaminés.

c- *Cerinth major*

Les résultats des longueurs racinaires et des tiges de la *C.major* dans le contrôle D1 et les échantillons contaminés 5% (D2), 10% (D3), 15%(D4), 20% (D5) et 25%(D6), sont illustrées dans la figure N°25. Nous avons observé que la longueur des deux parties racinaire et aérienne diminue avec l'augmentation de la concentration du gasoil. La moyenne des longueurs racinaires la plus élevée est notée au niveau du témoin D1 (7cm). Cependant, l'Analyse de la variance de la partie racinaire nous a montré une différence non significatives ($P=0,068516$) et pour la partie aérienne elle nous a révélé une différence significatives ($P=0,009183$).Le test post hoc (Annexe1), nous a révélé deux groupes homogènes (Tableau N°4) pour la partie aérienne, dans le groupe 1 sont classés les échantillons contaminés aux doses D3, D5 et D6.Dans le groupe 2 sont classés le contrôle D1 et les contaminations D2et D5.

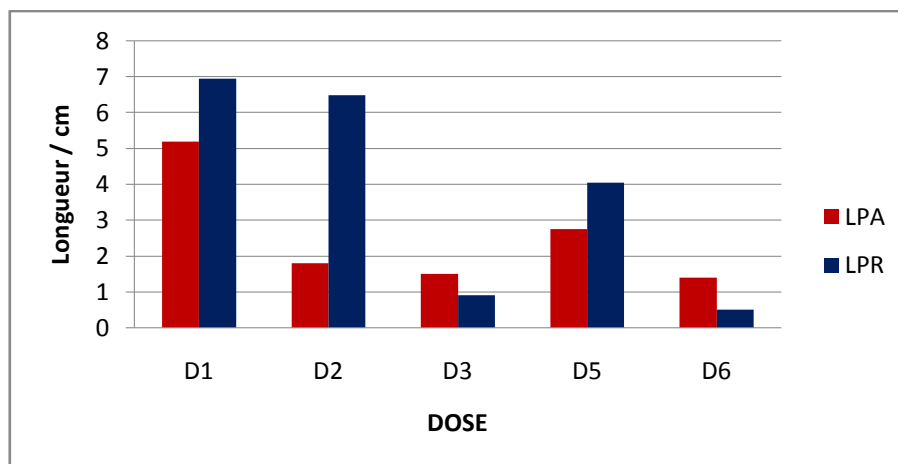


Figure 25 : Longueurs des parties racinaire et aérienne de la *Cerinth major* (contrôles et échantillons contaminés).

2- Expériences en serre

Pour l'évaluation de la phytotoxicité du gasoil sur les diverses espèces utilisées (*X. strumarium*, *A. sativa*, *D. carotta*, et la *C. major*) dans les différents sols, le taux de germination, la longueur racinaire, la longueur de la partie aérienne, la biomasse racinaire et la biomasse aérienne sont mesurées durant l'expérience.

2-1- Taux de germination

a- Gro green (GG)

Après 3 jours, nous avons remarqué que le taux de germination des graines du *X.strumarium* des échantillons contaminés 2.5% (D2) et 5 % (D3) augmente en parallèle avec le témoin 0%

(D1). Nous avons remarqué une stabilisation de la germination à 50% au niveau des échantillons contaminés à 5%, pour le contrôle 0% (D1) il a atteint un taux de 95% et les échantillons contaminés à 2.5% (D2) ils ont atteint un taux de 75%. Les résultats sont illustrés dans la Figure N°26.

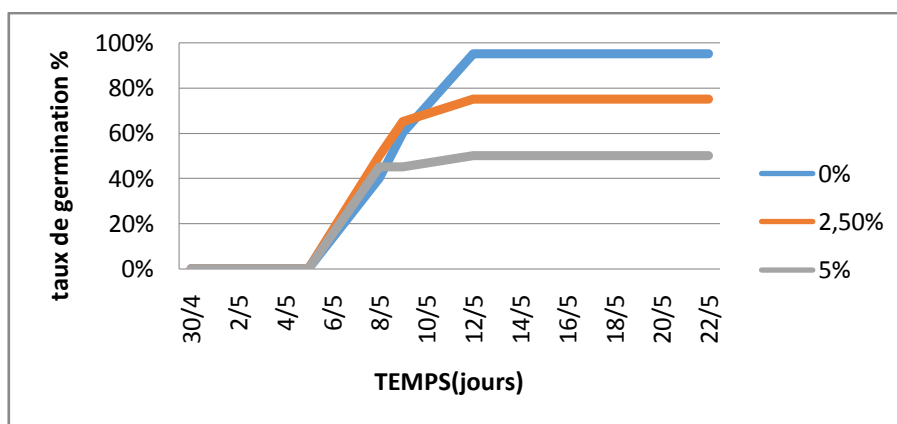


Figure 26 : Taux de germination de *X. strumarium* dans le Gro green.

Les résultats dans la Figure N°27 présentent le taux de germination d'*A. sativa* dans le GG, Nous avons remarqué que le taux de germination est élevé au niveau du contrôle (D1) où il a atteint (85%) et pour l'échantillon contaminés 2.5% (D2) nous avons observé une diminution avec un taux de 20%, par contre, au niveau de 5% le taux de germination est nul.

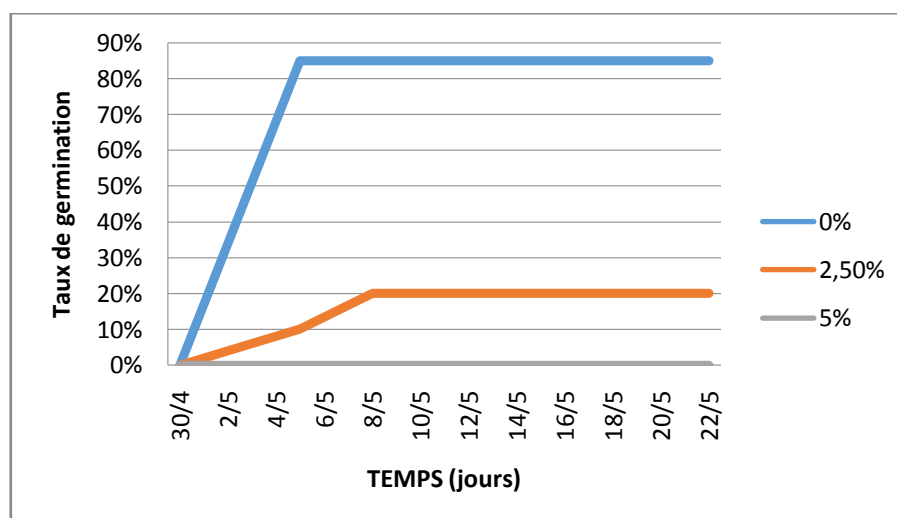


Figure 27: Taux de germination d'*A. sativa* dans le Gro green.

Les résultats du taux de germination des graines de *la C. major* dans le GG durant 10 jours sont illustrés dans la Figure N°28. Nous avons noté une germination tardive pour le témoin (D1) en comparant à l'échantillon contaminé 2,5%(D2) où le taux de germination est élevé (70%). Le taux de germination est nul à 5%.

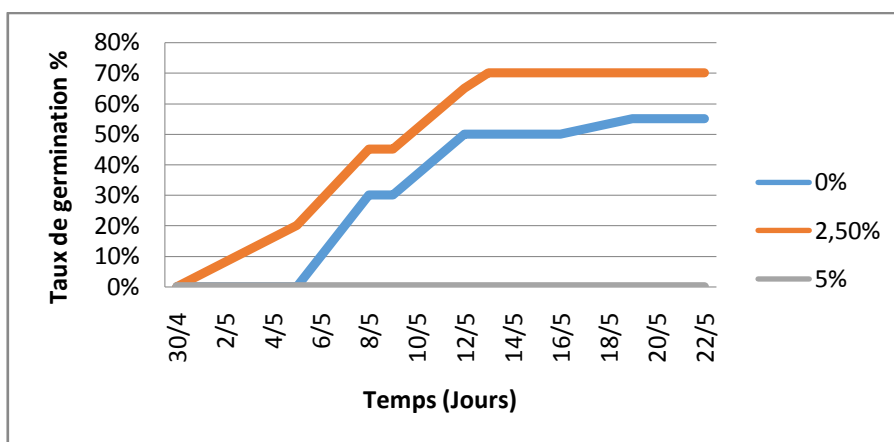


Figure 28: Taux de germination de la *C. major* dans le Gro green.

D’après la Figure N°29, Le taux de germination de l’espèce *D.carota* diminue progressivement avec l’augmentation de la dose du gasoil. Il atteint 10% dans les échantillons contaminés à 5%.

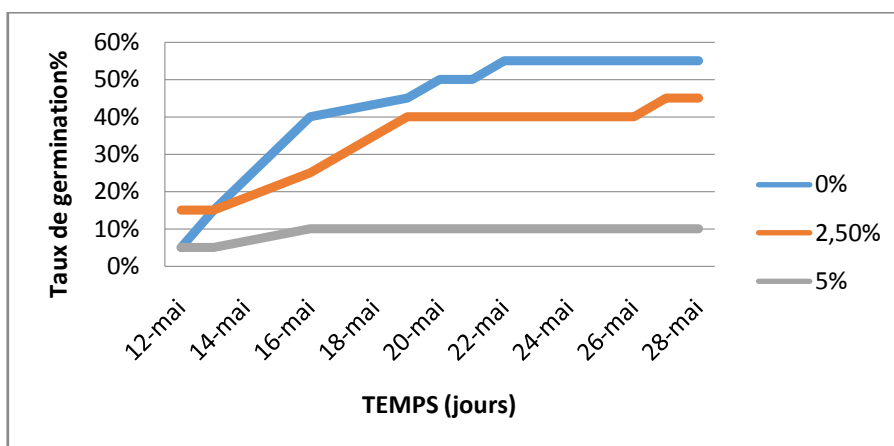


Figure 29 : Taux de germination du *Daucus carota* dans le Gro green.

Les résultats de l’ANOVA nous ont montrés des variations significatives ($P < 0.05$) au niveau de *X.strumarium* (0.035071) d’*A. Sativa* (0.030277) et la *C.major* (0.049756). Par contre elles ne sont pas significatives au niveau de *D.carota* (0.078238) ($P > 0.05$).

Le test post-hoc (Annexe 2) fait apparaitre pour l’espèce *A.sativa* deux groupes homogènes (Tableau N°5) où on a le contrôle D1 d’un côté et les doses D2 et D3 de l’autre côté, et pour l’espèce *X.strumarium* (Tableau N°8) où le groupe 1 regroupe le contrôle D1 et la dose D2, le groupe 2 contient la dose D3.

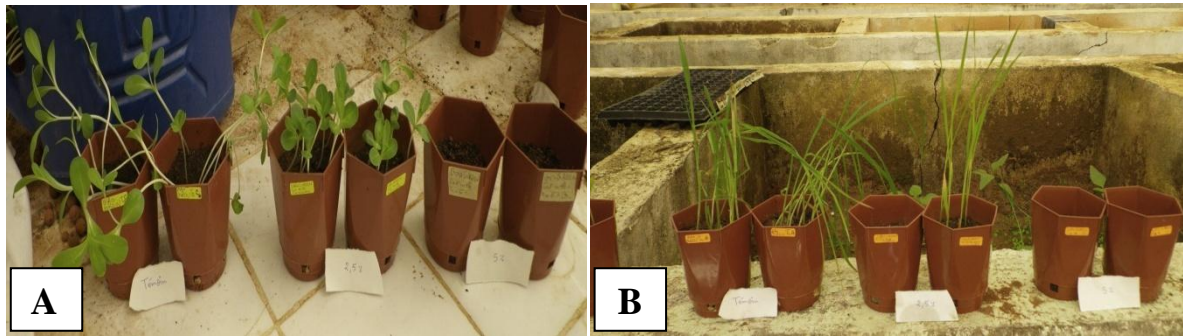


Figure 30: Croissance de *Cerinthe major* (A) et *Avena sativa* (B) dans le Gro green, contrôle D1 et contamination D2 et D3 (Originale, 2019).

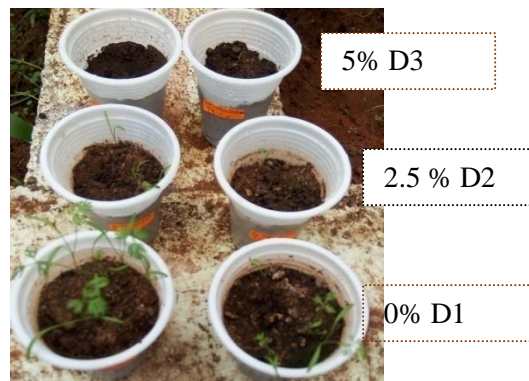


Figure 31: Croissance de *Daucus carota* dans le Gro green, contrôle D1 et contamination D2 et D3 (Originale, 2019).

b- Terreau universel

Les résultats du taux de germination des plants dans le substrat terreau universel contrôle 0% (D1) et les échantillons contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5%(D3) des différentes espèces *X.strumarium*, *A.satva*, *D.carota* et *C.major* sont illustrés dans les Figures ci-dessous.

Les résultats dans la Figure N°32 présentent le taux de germination de *X.strumarium* dans le TU, Nous avons remarqué que le taux de germination est élevé au niveau des échantillons contaminé aux doses 2.5% et 5% où il a atteint (50%) et pour l'échantillon contrôle 0% nous avons observé un retard de germination et une faible augmentation pour qu'il se stabilise à 40%.

L'Analyse de la variance pour le taux de germination *X.strumarium* nous a montré des différences non significatives des valeurs ($p\text{-value}=0.464758 > 0.05$).

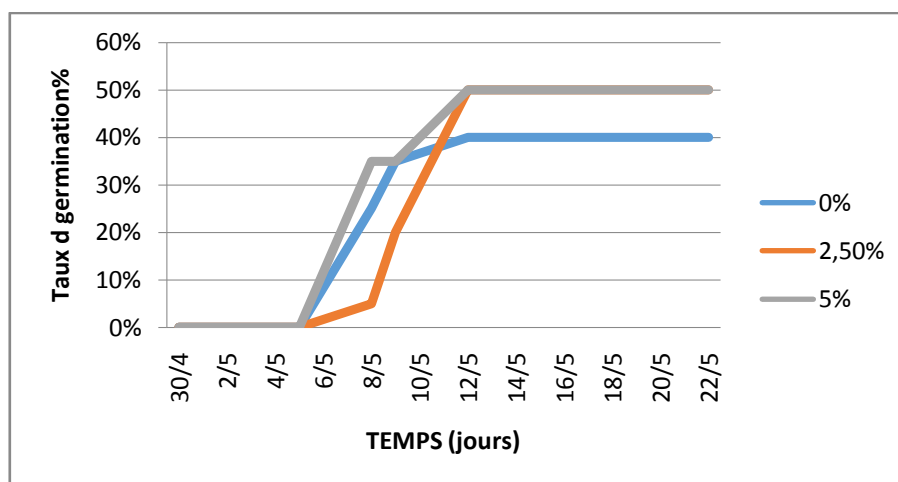


Figure 32 : Taux de germination du *X. strumarium* dans le terreau universel (contrôle et contaminés)

Les résultats dans la Figure N°33 présentent le taux de germination d'*A.sativa* dans le TU, il en ressort que pour la dose 2.5% (D2) le taux de germination est total (100%). Celui-ci reste supérieure au contrôle 0% (D1) où il est d'environ (90%). C'est au niveau des échantillons contaminés à 5% que le taux de germination est inférieure au contrôle (D1) qui se stabilise (75%). Le test de Newman-keuls a fait ressortir des variations significatives pour l'espèce *A.sativa* ($P=0,019793$).

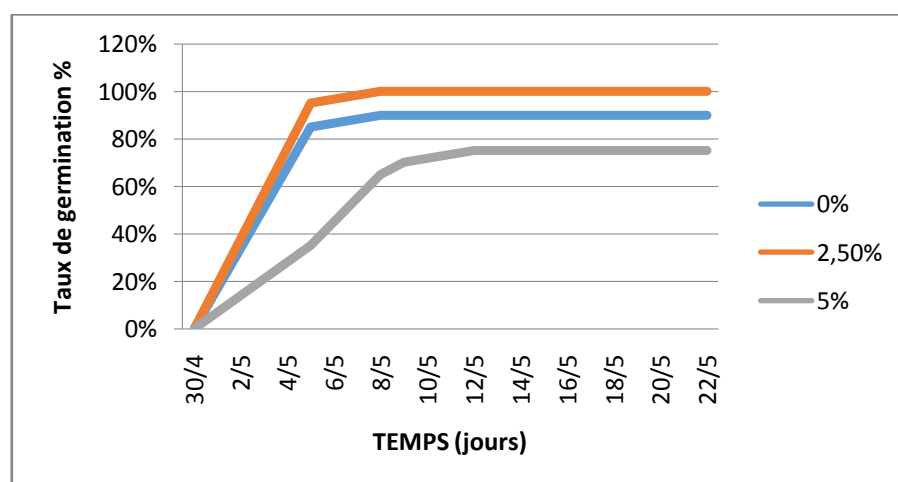


Figure 33: Taux de germination d'*A. sativa* dans le terreau universel (contrôle et contaminés).

Les résultats dans la Figure N°34 présentent le taux de germination de la *C.major* dans le TU contaminés aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0%(D1). Durant les trois premiers jours la germination au niveau des échantillons contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) augmentent en parallèle avec le contrôle 0%. Il en ressort que pour la dose 5% (D3) le taux de germination augmente rapidement durant ces trois jours mais au final il reste

inférieur au contrôle 0% (D1) et au contaminé à 2.5%(D2) avec une valeur d'environ 30%. C'est au niveau du contrôle (D1) que le taux de germination atteint le maximum (90%). Le test de Newman-keuls a fait ressortir des variations significatives pour l'espèce *C.major* ($P=0.012333$). Le test post hoc (Annexe2), nous a montré deux groupes homogènes (Tableau 6) dont le contrôle D1 et la dose D2 sont classés d'un côté et la dose D3 d'un autre côté.

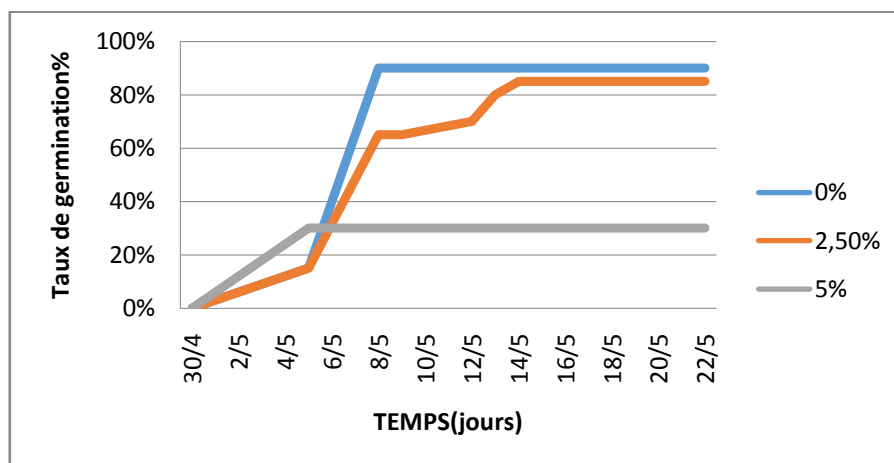


Figure 34: Taux de germination de la *Cerinthe major* dans le terreau universel (contrôle et contaminé).

Les résultats dans la Figure N°35 présentent le taux de germination de *D.carota* dans le TU aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0%(D1). La germination au niveau des échantillons contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) est retardée par rapport à la germination dans le contrôle 0%. Il en ressort que pour les doses 2.5%(D2) et 5% (D3) le taux de germination reste inférieur au contrôle 0% (D1) où il atteint 60%. Au niveau des échantillons contaminés à la dose 2.5% (D2) le taux de germination est de 40%. Le test de Newman-keuls a fait ressortir des variations non significatives pour *D.carota* ($P=0.374146$).

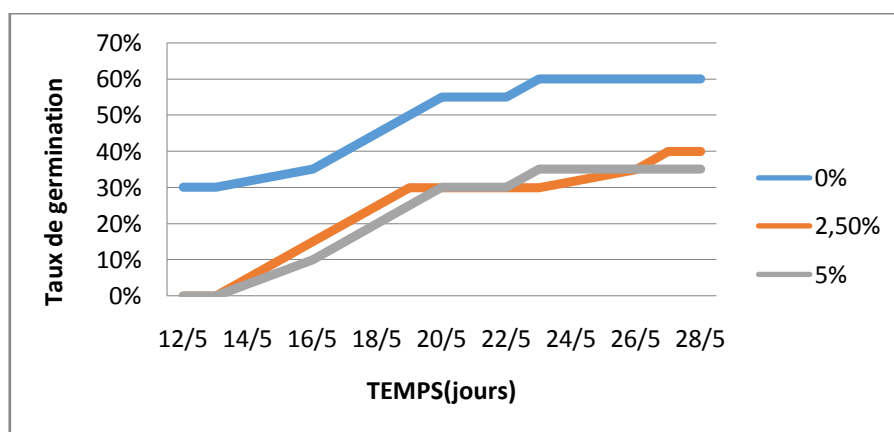


Figure 35 : Taux de germination du *Daucus carota* dans le terreau universel.

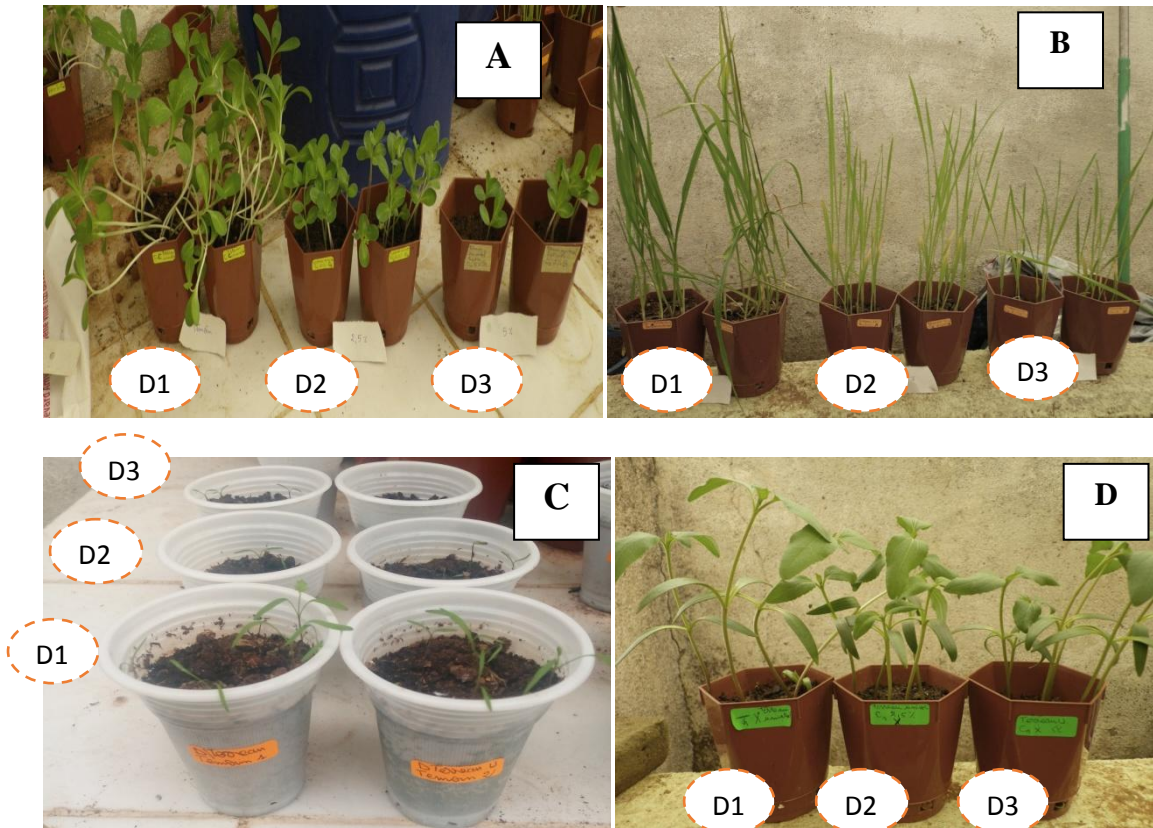


Figure 36 : *C.major* (A), *A.sativa* (B), *D.carota* (C) et *X.strumarium* (D) dans le terreau universel contrôle D1 et contamination D2 et D3 (Originale, 2019).

c- Sicoфlore (SICO)

Les résultats du taux de germination des plantes dans le substrat SICO contrôle 0% (D1) et les échantillons contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5%(D3) des différentes espèces *X.strumarium*, *A.sativa*, *D.carota* et *C.major* sont illustrés dans les Figures ci-dessous.

Les résultats dans la Figure N°37 présentent le taux de germination de *X.strumarium* dans le SICO contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0%(D1). La germination au niveau du contrôle et dans les échantillons contaminés aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) est tardive. Il en ressort que pour les doses 2.5%(D2) et 5% (D3) le taux de germination est supérieur au contrôle 0% (D1) où il atteint 55% au niveau des doses 2.5% et (50%) pour les doses 5%. Au niveau des échantillons contrôle 0% (D1) le taux de germination est de (80%).

Cependant l'Analyse de la variance a fait ressortir des variations non significatives pour l'espèce *X.strumarium* ($P=0.074132 > 0.05$).

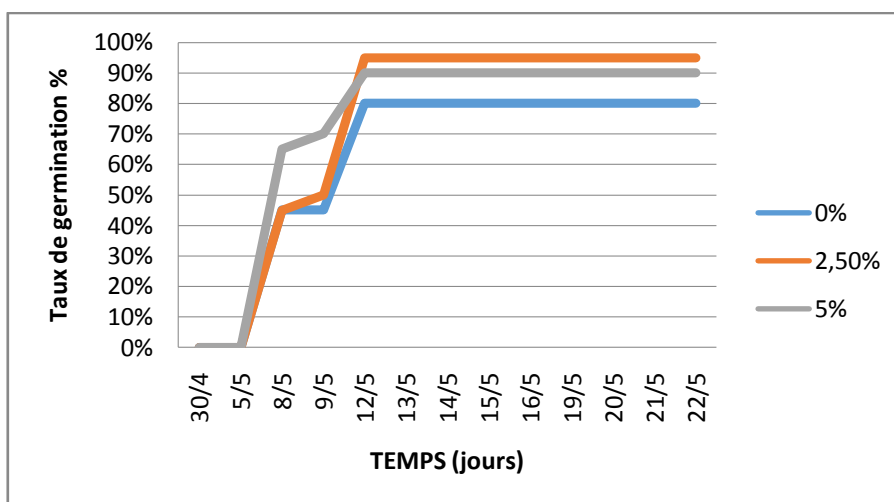


Figure 37 : Taux de germination du *Xanthium strumarium* dans le Sicoflore.

Les résultats dans la Figure N°38 présentent le taux de germination d’*A.sativa* dans le SICO contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0%(D1).Durant les trois premiers jours, la germination dans les échantillons contaminés aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) est parallèle avec celle du contrôles 0% (D1). Il en ressort que pour les doses 2.5%(D2) le taux de germination est supérieure au contrôle 0% (D1) où il atteint 90%, par contre au niveau des doses 5% le taux de germination est inférieur au contrôle 0% et à la dose 2.5% (D2), avec une moyenne de 25%.

Cependant l’Analyse de la variance a fait ressortir des variations non significatives pour l’espèce *A.sativa* ($P=0,137465 > 0.05$).

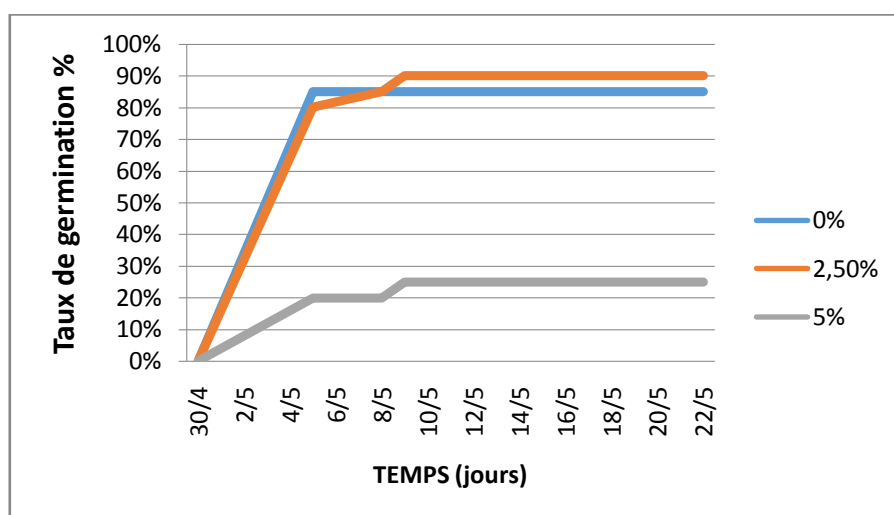


Figure 38: Taux de germination d’*Avena sativa* dans le Sicoflore.

Les résultats dans la Figure N°39 présentent le taux de germination de la *C.major* dans le SICO contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0%(D1). Durant les trois premiers jours la germination dans les échantillons contaminés aux doses 2.5% (D2) et le contrôle 0% (D1) est lente. Alors qu'il est nul au niveau des doses 5% (D3). Il en ressort que pour les doses 2.5% (D2) le taux de germination est inférieur au contrôle 0% (D1) où il atteint (85%). L'Analyse de la variance a fait ressortir des variations significatives pour l'espèce *C.major* ($P= 0,015822 < 0.05$).

Le test post-hoc (Annexe 2) nous a montré deux groupes homogènes (Tableau N°7), dans le groupe 1 sont classés le contrôle (D1) et la dose (D2), et la dose (D3) est classée dans le groupe 2.

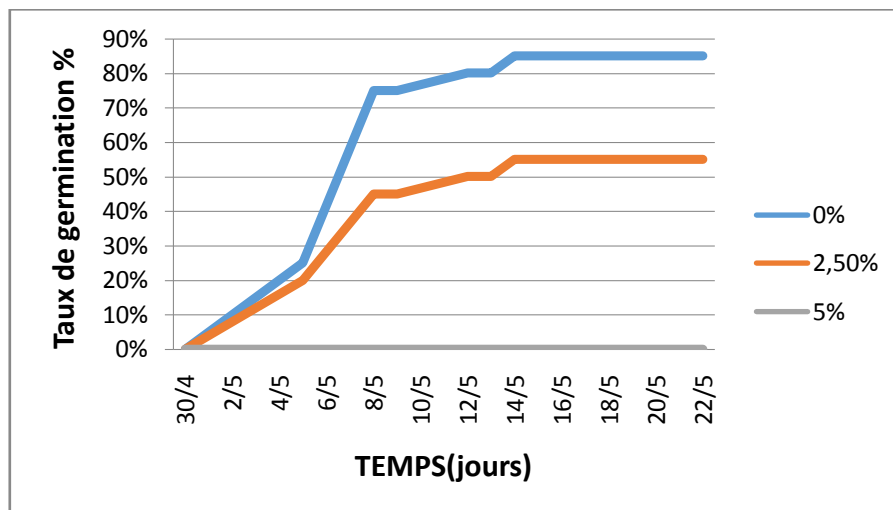


Figure 39: Taux de germination de la *Cerinthe major* dans le Sicofloire.

Les résultats dans la Figure N°40 présentent le taux de germination de *D.carota* dans le SICO contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0% (D1). Il en ressort que pour les doses 2.5% (D2) et 5% (D3) le taux de germination est inférieur au contrôle 0% (D1) où il atteint 75%. A 5% de contamination le taux de germination est inférieur aux échantillons contaminés à 2,5%.

Cependant, l'Analyse de la variance a fait ressortir des variations non significatives pour l'espèce *D.carota* ($P=0.096234 > 0.05$).

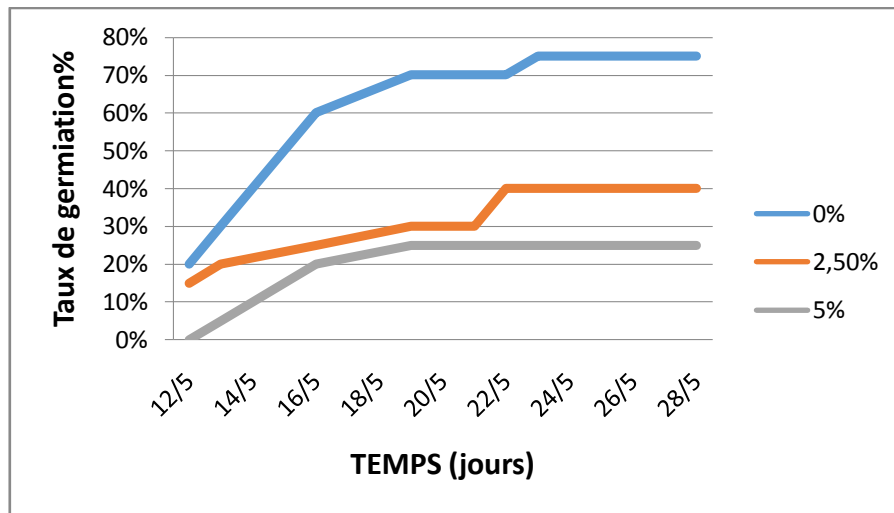


Figure 40 : Taux de germination du *Daucus carota* dans le Sicoflore.

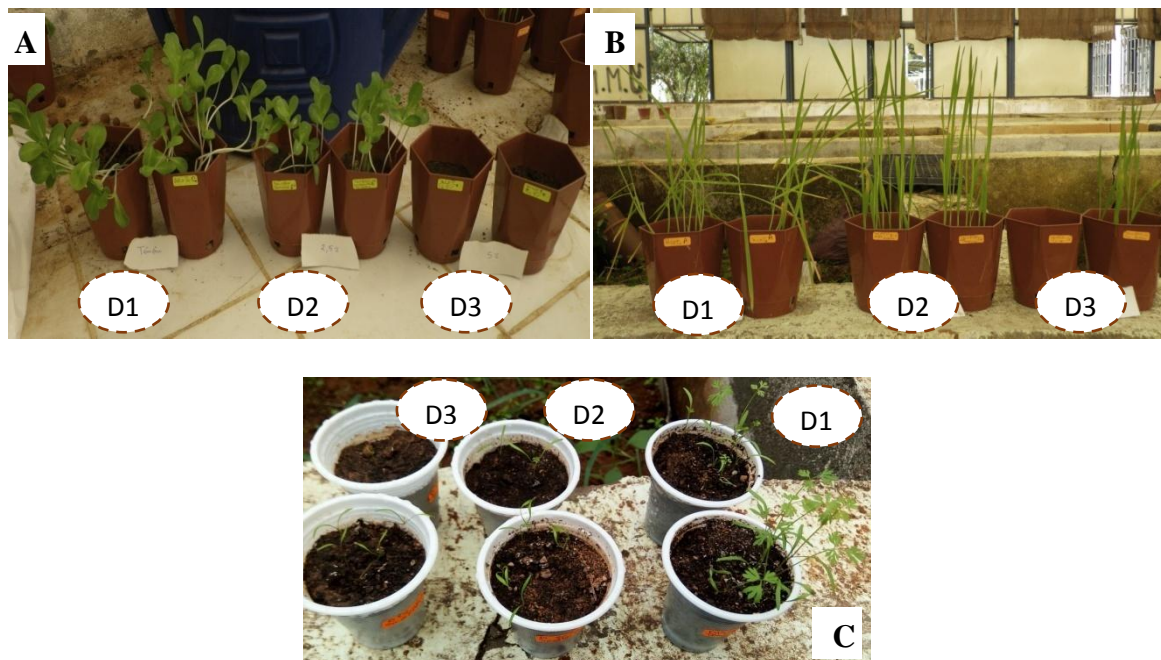


Figure 41 : croissance de *Cerinthe major*(A), *Avena sativa*(B) et *Daucus carota*(C) dans le sicoflore, contrôle D1 et contamination D2 et D3 (Originale, 2019)

d- Chiraz (CH)

Les résultats du taux de germination des plants dans le substrat CH contrôle 0% (D1) et les échantillons contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5%(D3) des différentes espèces *X.strumarium*, *A.sativa*, *D.carota* et *C.major* sont illustrés dans les Figures ci-dessous.

Les résultats dans la Figure N°42 présentent le taux de germination de *X.strumarium* dans le CH contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0%(D1). La germination au niveau du contrôle 0% (D1) et dans les échantillons contaminés aux doses 2.5% (D2)

et 5% (D3) est tardive. Il en ressort que pour la dose 5% (D3) le taux de germination est identique au contrôle 0% (D1) où il atteint 60%. Au niveau des doses 2.5% le taux de germination (55%) reste inférieur aux deux autres doses, le contrôle 0% et 2.5%.

Cependant l'Analyse de la variance a fait ressortir des variations non significatives pour l'espèce *X.strumarium* ($P=0.464758 > 0.05$).

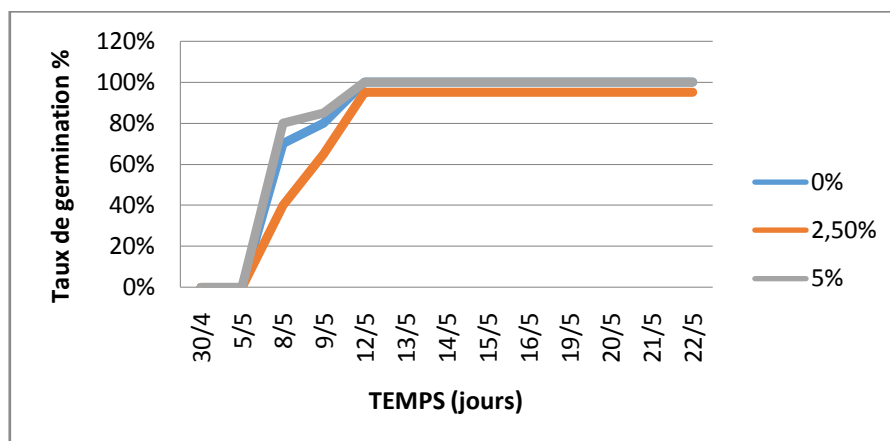


Figure 42 : Taux de germination du *Xanthium strumarium* dans la Chiraz.

Les résultats dans la Figure N°43 présentent le taux de germination d'*A.sativa* dans la CH contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0%(D1). La germination au niveau du contrôle 0% (D1) et dans les échantillons contaminés aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) est tardive. Il en ressort que pour la dose 5% (D3) le taux de germination est identique au contrôle 0% (D1) où il atteint 90%. Au niveau des doses 2.5% le taux de germination (75%) reste inférieur au contrôle 0% (D1) et à la dose 2.5% (D2). Cependant l'Analyse de la variance a fait ressortir des variations non significatives pour l'espèce *A.sativa* ($P=0.306454 > 0.05$).

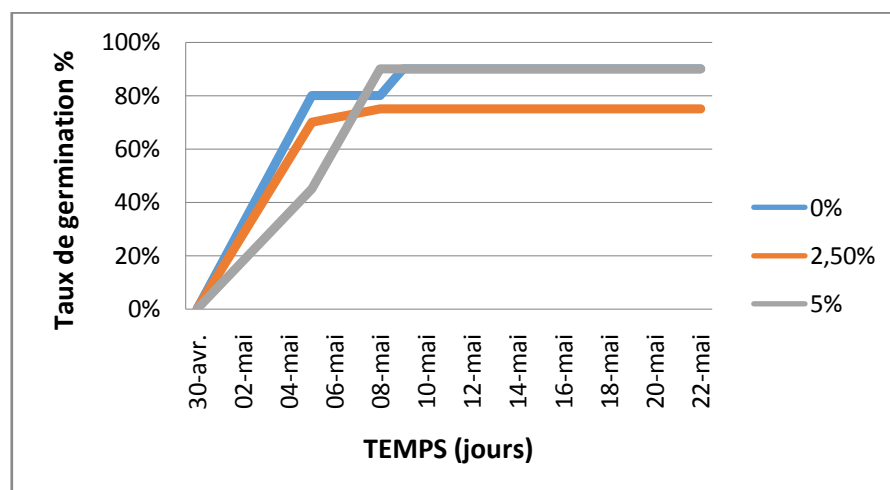


Figure 43 : Taux de germination d'*Avena sativa* dans la Chiraz.

Les résultats dans la Figure N°42 présentent le taux de germination de *D.carota* dans la CH contaminés aux doses 2.5%(D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0%(D1). La germination au niveau du contrôle 0% (D1) et dans les échantillons contaminés aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) est précoce. Il en ressort que pour les doses 2.5% (D2) 5% (D3) le taux de germination est identique au contrôle 0% (D1) où il atteint 60%. Cependant l'Analyse de la variance a fait ressortir des variations non significatives pour l'espèce *D.carota* ($P= 0.961293 > 0.05$).

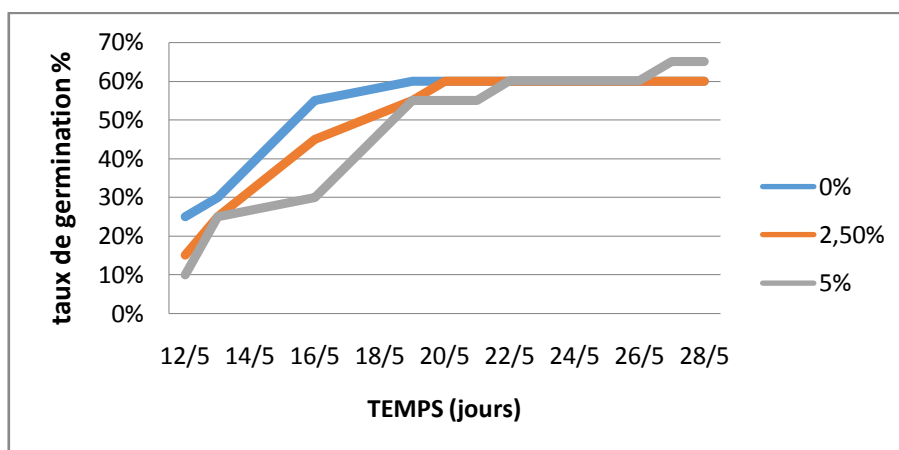


Figure 44 : Taux de germination du *Daucus carota* dans la Chiraz.

Nous avons remarqué que le taux de germination des graines de la *C.major* des échantillons contaminés à 2.5% (D2) et à 5% (D3) augmente en parallèle avec le témoin 0% (D1) durant 5 jours. Nous avons noté une stabilisation de la germination à 60% au niveau des échantillons contaminé à la dose 5%. Le taux de germinations dans les échantillons contaminés à 2.5% (D2) augmente jusqu'à atteindre un taux de 70%. Les résultats sont illustrés dans la Figure N°45. Il en ressort que le contrôle 0% (D1) a atteint 80%. Il est supérieur aux autres échantillons contaminés aux différentes doses. Cependant l'Analyse de la variance a fait ressortir des variations non significatives pour l'espèce *D.carota* ($P=0.192450 > 0.05$).

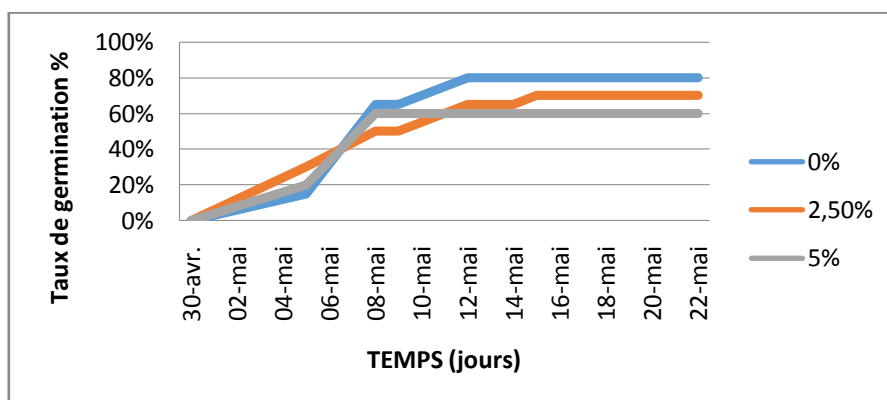


Figure 45 : Taux de germination de la *Cerinthe major* dans la Chiraz.

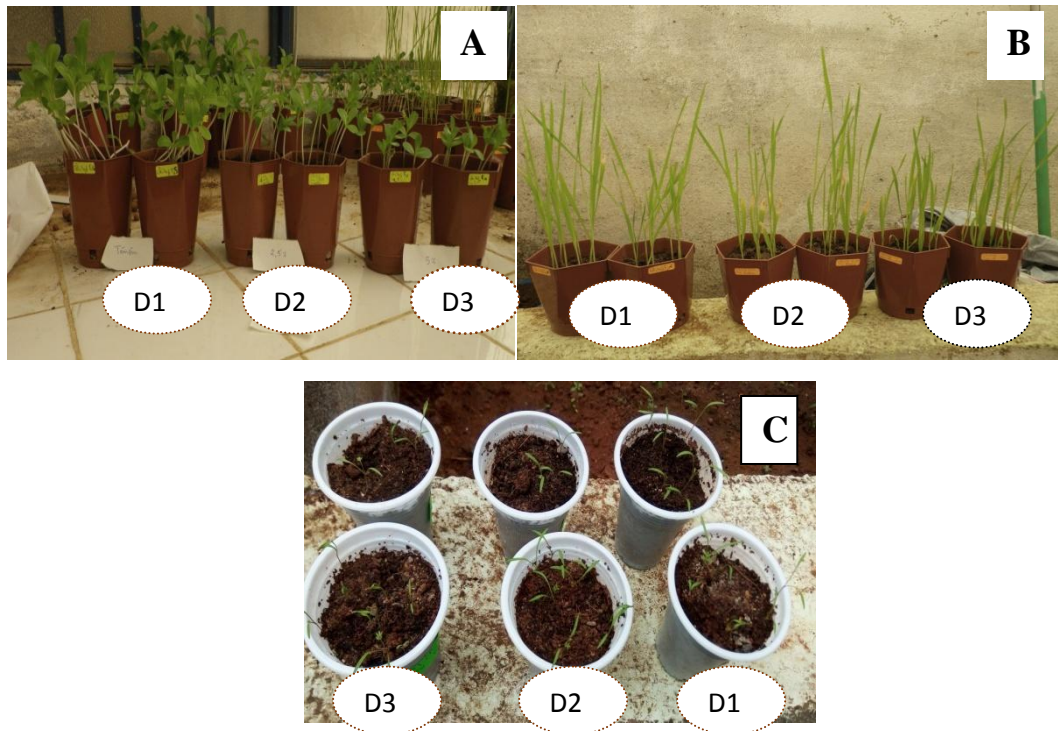


Figure 46 : Croissance de *C.major*(A), *A.sativa*(B) et *D.carota*(C) dans la Chiraz contrôle D1 et les échantillons contaminés D2 et D3 (Originale, 2019).



Figure 47 : *Xanthium strumarium* dans les substrats contamination à (2.5%) D2 et (5%) D3 (Originale, 2019).

2-2- Paramètres de croissance

2-2-1- *Xanthium strumarium*

A- Longueur racinaire

Les résultats de la longueur racinaire des plants de *X.strumarium* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5 (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle sont illustrés par la Figure N°48. Il en ressort que pour la dose 2.5% (D2) les longueurs racinaires sont supérieures au contrôle au niveau des substrats SICO (22.87 cm) et CH.A 5% (D3) de contamination, c'est sur les substrats TU et GG que la longueur racinaire est supérieure au contrôle (D1).

L'Analyse de la variance (Annexe N°2) a fait ressortir des variations non significatives dans les substrats GG (P=0.297678), TU (P=0.493835), CH (P = 0.150710).Par contre, elles sont significatives sur le substrat SICO (P=0.026041).

Le test post-hoc pour le SICO nous a révélé des différences entre D1 et D3d'un côté et d'un autre côté D2 (Tableau N°9).

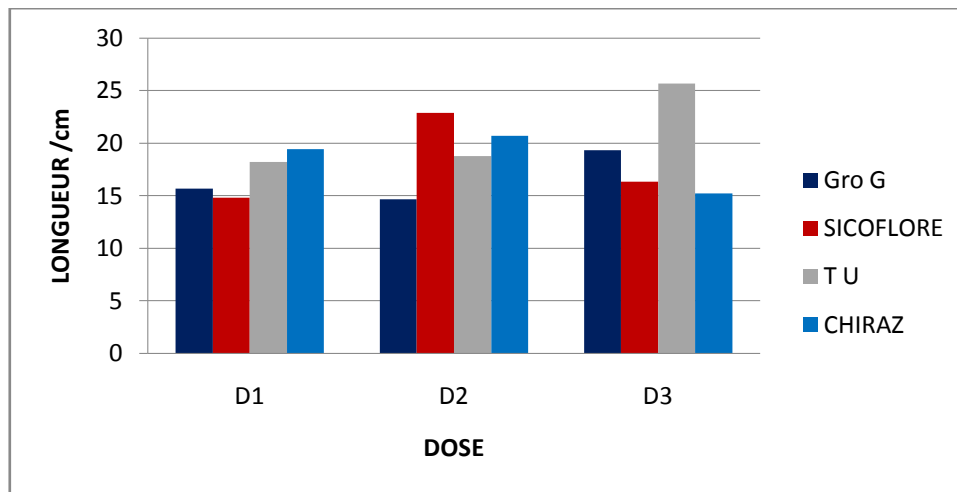


Figure 48 : Longueur racinaire du *Xanthium strumarium* dans les différents terreaux

A- Tige

Les résultats de la longueur de la tige des plantes de *X.strumarium* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) et le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°49. Il en ressort que pour les doses 2.5% et 5% les longueurs de la partie aérienne sont inférieures au contrôle 0% (D1) dans les différents substrats, la valeur la plus élevée est notée dans le contrôle D1 de la CH.L'Analyse de la variance (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans le substrat CH (P= 0.011346) et le SICO (P=0.001686). Par contre, elles ne sont pas significatives dans le TU (P=0.331686), et le GG (P=0.233209). Le test post-hoc révèle des différences pour le SICO, dans le groupe 1 est classée D3, dans le groupe 2 est classée la D2 et dans le groupe 3 est classé le contrôle D1

(Tableau N°10). Deux groupes homogènes pour la CH, dans le groupe1 sont classées les contaminations D3 et D2 et dans le groupe 2 est classé le contrôle D1 (Tableau N°15).

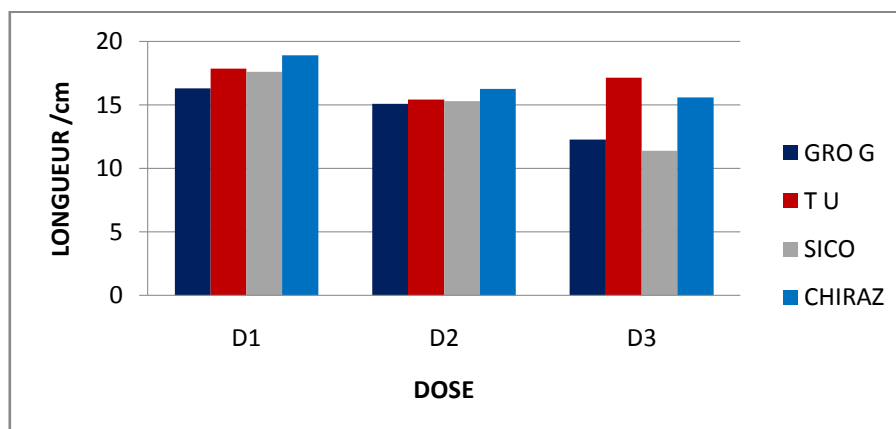


Figure 49 : Longueur de tige du *Xanthium strumarium* dans les différents substrats.

B- Nombre de feuille

Les résultats du nombre de feuilles des plantes de *X.strumarium* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) et le contrôle 0% (D1) sont présentés sur la Figure N°50. Il en ressort que pour les doses 2.5% et 5% le nombre de feuille est inférieur au contrôle (D1) dans les substrats TU et GG contrairement aux substrats SICO et CH. L'analyse de la variance dont le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans le substrat SICO ($P=0.001686$) et le GG ($P=0,034099$) et non significative dans le substrat TU ($P=0.285445$).

Le test post-hoc révèle une différence entre le contrôle D1 et la contamination à 2.5% (D2) pour le GG (Tableau N°13).

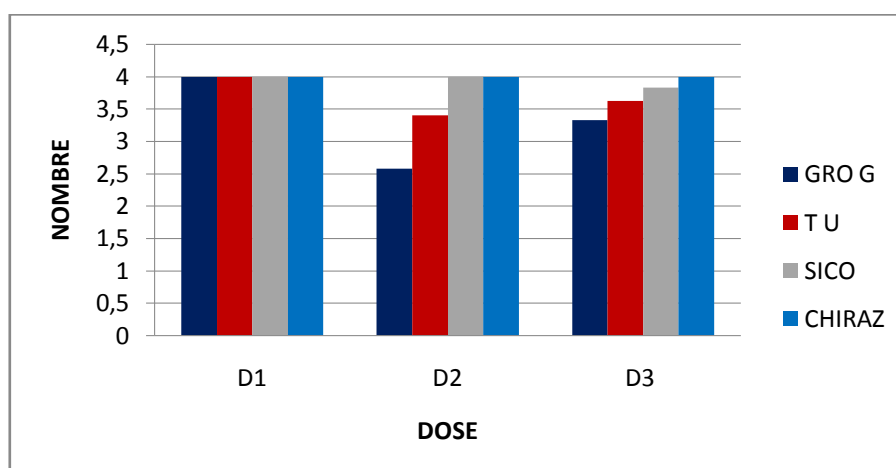


Figure 50 : Nombre de feuilles du *Xanthium strumarium* dans les différents substrats.

C- La biomasse aérienne

Les résultats de la biomasse aérienne des plantes de *X.strumarium* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5 (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°51. Il en ressort que pour la dose 2.5% (D2) la biomasse aérienne est inférieure au contrôle au niveau des substrats CH, GG. A 5% (D3) de contamination, sur le substrat SICO, la biomasse aérienne est supérieure au contrôle (D1). Nous avons noté d'une manière générale que la biomasse aérienne diminue avec la contamination. Le test de Newman-keuls a fait ressortir des variations non significatives dans les substrats GG (P=0,067407), TU (P=0,995861), CH (P =0,109688). Par contre, elles sont significatives (Annexe N°2) sur le substrat SICO (P=0,001252). Le test post hoc pour le SICO nous révèle une différence entre les trois doses, chacune est classé dans un groupe (Tableau N°12).

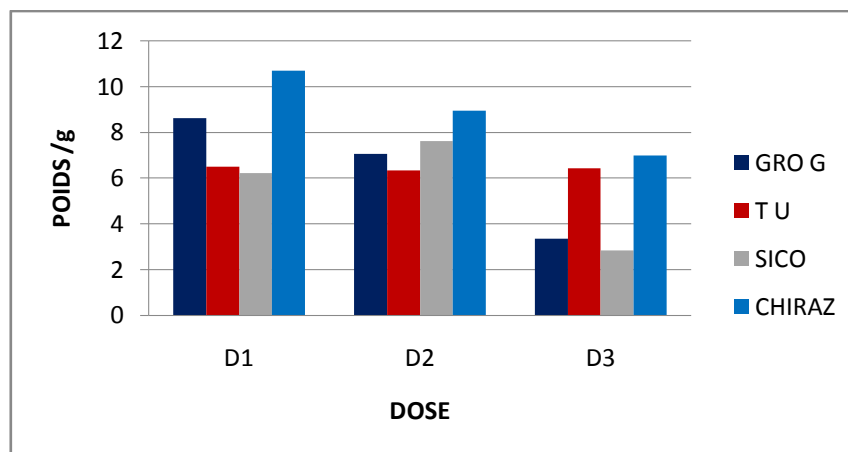


Figure 51 : Biomasse aérienne du *Xanthium strumarium* dans les différents sols

D- La biomasse racinaire

Les résultats de la biomasse racinaire des plants de *X.strumarium* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5 (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°52. Il en ressort que pour les doses 2.5% (D2) et 5% (D3) la biomasse racinaire est supérieure au contrôle au niveau des substrats CH, SICO et TU. A 5% (D3) de contamination, sur le substrat GG, la biomasse racinaire est inférieure au contrôle (D1). Le test de Newman-keuls a fait ressortir des variations non significatives dans les substrats TU (P=0,110812), CH (P =0,512674). Par contre, elles sont significatives (Annexe N°2) sur le substrat SICO (P=0.003803) et GG (P=0,000745). Le test post hoc pour le GG (Tableau N°14) présente une différence entre les trois concentrations, chaque dose est classée dans un

groupe différent. Deux groupes homogènes pour le SICO, D1 et D3 sont classés dans le groupe 1 et D2 est classée dans le groupe 2 (Tableau N°11).

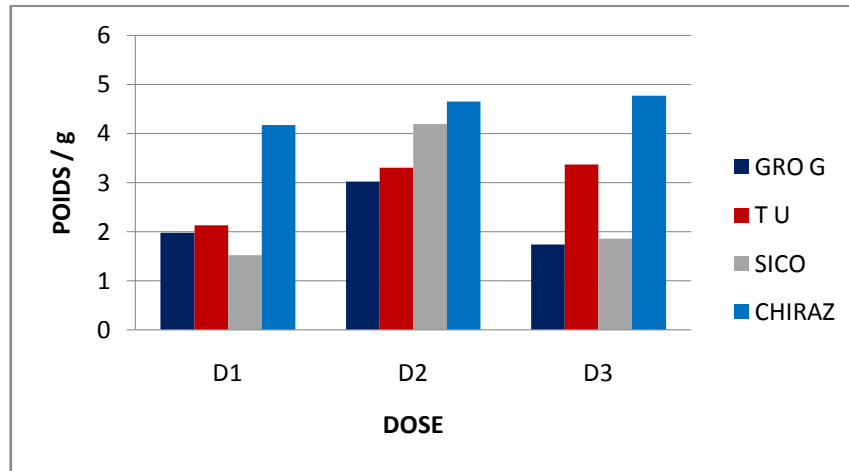


Figure 52 : Biomasse racinaire du *Xanthium Strumarium* dans les différents substrats

2-2-2- *Cerithe major*

A- Longueur racinaire

Les résultats de la longueur racinaire des plantes de *C.majordans* les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5 (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle sont illustrés par la Figure N°53. Il en ressort que pour les doses 2.5% et 5% les longueurs racinaires sont supérieures au contrôle D1 au niveau de substrat CH et elles sont inférieures au contrôle D1 au niveau de substrat TU. A 2.5% (D2) de contamination, c'est sur les substrats SICO et GG que la longueur racinaire est supérieure au contrôle (D1).

Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans les substrats GG ($P=0,013382$), TU ($P=0,020153$), SICO ($P=0,042648$). Par contre, elles ne sont pas significatives sur le substrat CH ($P=0,104759$).

Le test post-hoc révèle une différence entre le contrôle D1 et le D2 et d'autre part D3 pour le SICO (Tableau N°16), le TU classe dans le groupe 1 les contaminations D3 et D2, le contrôle D1 est classé dans le groupe 2 (Tableau N°20). Pour le GG le contrôle D1 et la contamination D2 sont classés dans le groupe 1 et la contamination D3 est classée dans le groupe 2 voir (Tableau N°23).

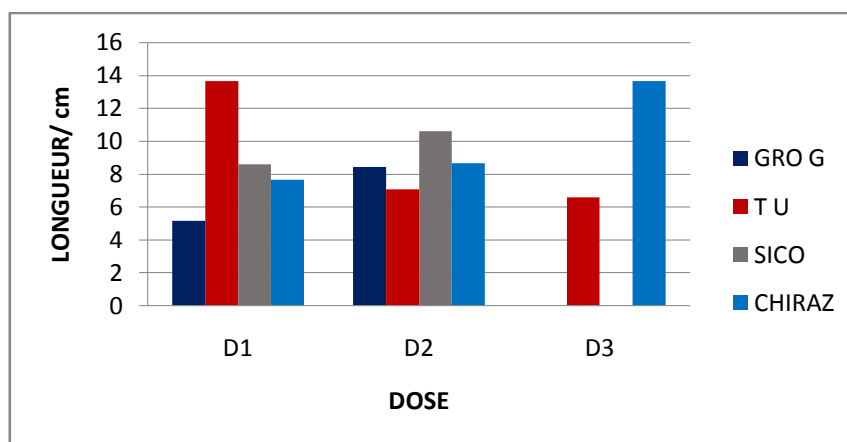


Figure53 : Longueur racinaire de la *Cerinthe major* dans les différents substrats

B- La tige

Les résultats de la longueur de la tige des plantes de *C.major* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) et le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°54. Il en ressort que pour les doses 2.5% et 5%, les longueurs de la partie aérienne sont inférieures au contrôle 0% (D1) dans les différents substrats. Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans les substrats GG ($P=0,000655$), CH ($P=0,019372$), SICO ($P=0,003413$). Par contre, elles ne sont pas significatives sur le substrat TU ($P=0,051072$).

Le test post-hoc pour le GG (Tableau N°24) classe chaque dose dans un groupe différent de l'autre. Pour le SICO (Tableau N°17) nous avons le contrôle D1 et la contamination D2 dans un groupe 1 et D3 dans le groupe 2.

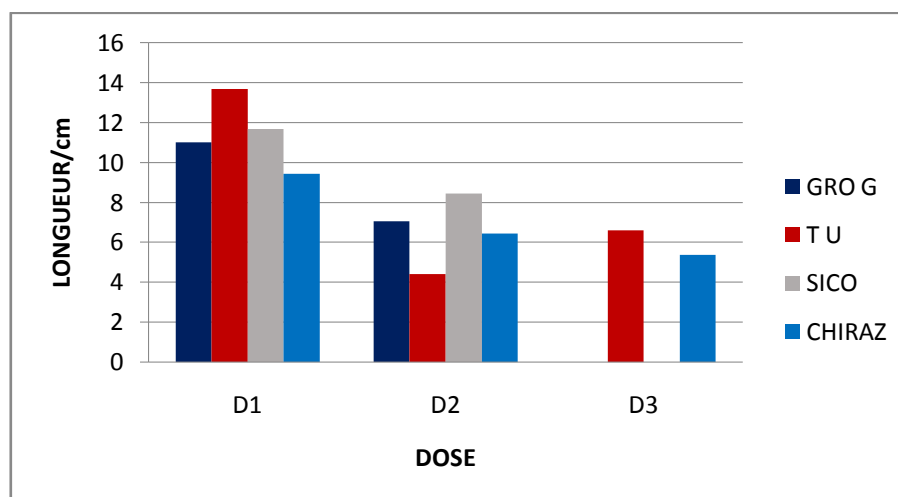


Figure54 : Longueur de la partie aérienne de la *cerinthe major* dans les différents substrats.

C- Nombre de feuille

Les résultats de nombre de feuilles des plantes de *C.major* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) et le contrôle 0% (D1) sont présentés sur la Figure N°55. Il en ressort que pour les doses 2.5% et 5%, le nombre de feuille est inférieur au contrôle (D1) dans le substrat TU et une stabilisation dans le substrat CH. A 2.5% (D2) de contamination, sur le substrat SICO, le nombre de feuille est supérieur au contrôle (D1).

Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans les substrats GG (P=0,001535), TU (P=0,007426).

Par contre, elles ne sont pas significatives dans les substrats CH (P=0,464758) et SICO (P=0,267050).

Le test post-hoc fait apparaitre (Tableau N°25) trois groupes homogènes pour le GG, aussi pour le TU on a noté D3 et D2 dans le groupe 1 et D1 dans le groupe 2 (Tableau N°21).

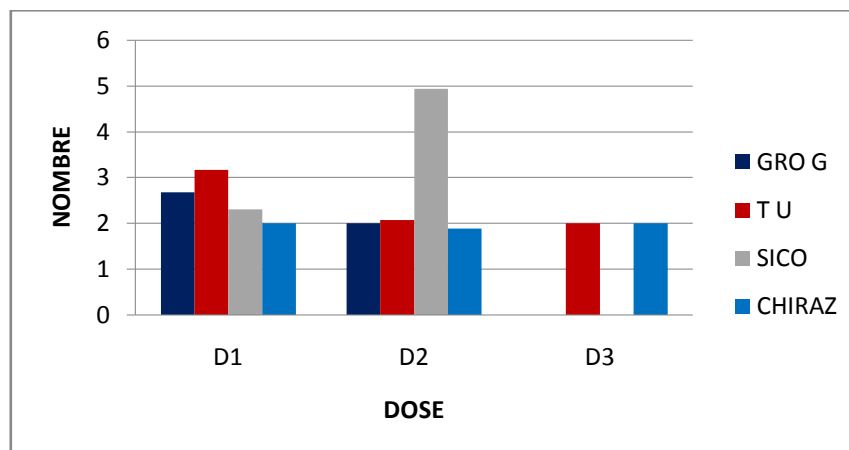


Figure 55 : Nombre de feuilles de la *Cerinthe major* dans les différents substrats.

D- La biomasse aérienne

Les résultats de la biomasse aérienne des plantes de *C.major* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5 (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°56. Il en ressort que pour la dose 2.5% (D2) la biomasse aérienne est inférieure au contrôle au niveau de tous les substrats. A 5% (D3) de contamination, sur les substrats SICO et GG, la biomasse aérienne est nulle. Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans tous les substrats GG (P=0,010666), TU (P=0,005311), CH (P=0,015211), SICO (P=0,019190). Le test post-hoc classe chaque dose

du GG (Tableau N°27) dans un groupe différent de l'autre, et il y'a deux groupes homogènes pour le SICO (Tableau N°46), le groupe 1 comprend la contamination D3 et le contrôle D1, le groupe 2 contient la contamination D2. Pour le TU (Tableau N°18), les contaminations D2 et D3 sont classés dans le groupe 1, le contrôle D1 est classé dans le groupe 2.

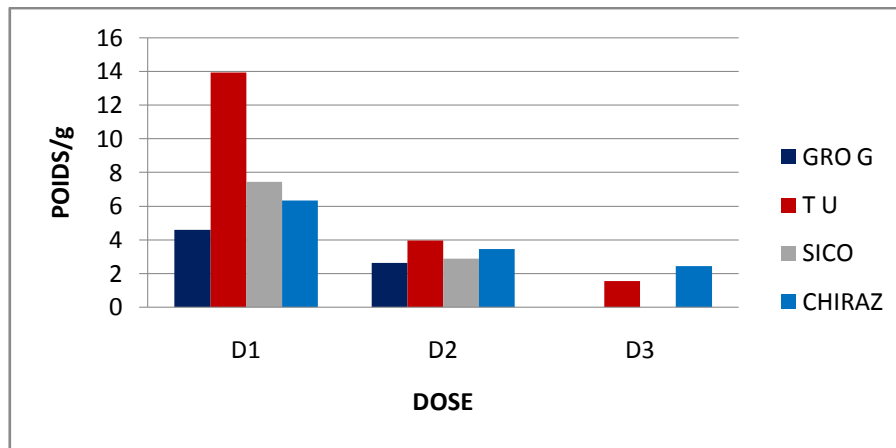


Figure 56 : Biomasse aérienne de la *Cerinthe major* dans les différents substrats

E- La biomasse racinaire

Les résultats de la biomasse racinaire des plantes de *C.major* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5 (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°57. Il en ressort que pour la dose 2.5% (D2) la biomasse racinaire est supérieure au contrôle au niveau de tous les substrats. A 5% (D3) de contamination, sur les substrats TU et CH, la biomasse racinaire est supérieure au contrôle (D1), par contre au niveau de GG et SICO, la biomasse racinaire est nulle.

Le test de Newman-keuls a fait ressortir des variations non significatives dans les substrats TU ($P=0,376207$), CH ($P=0,601698$). Par contre, elles sont significatives (Annexe N°2) sur le substrat SICO ($P=0,002379$) et GG ($P=0,005391$).

Le test post hoc présente pour le SICO (Tableau N°19) chaque variation dans un groupe différent de l'autre. On a obtenu deux groupes pour le GG (Tableau N°26) dans le premier sont classées l'échantillon contaminé à D3 et le contrôle D1 et dans le deuxième est classé l'échantillon contaminé à D2 (2.5%).

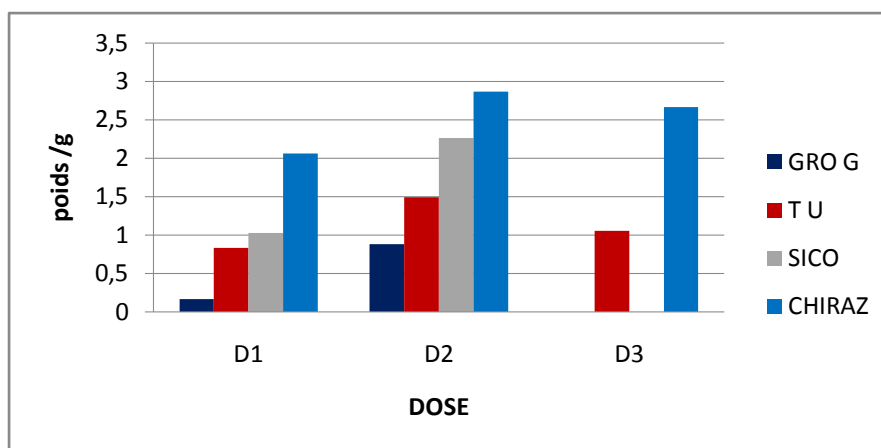


Figure 57 : Biomasse racinaire de la *Cerinthe major* dans les différents sols.

2-2-3- *Daucus carota*

A- La longueur racinaire

Les résultats de la longueur racinaire des plantes de *D. carota* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle (D1) sont illustrés par la Figure N°58. Il en ressort que pour les doses 2.5% et 5% les longueurs racinaires sont inférieures au contrôle 0% (D1) au niveau des substrats CH, TU et GG. A 2.5% (D2) de contamination, sur les substrats SICO, la longueur racinaire est supérieure au contrôle (D1). Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans les substrats dans GG ($P=0,036036$), TU ($P=0,044900$) CH ($P=0,024916$). Par contre, elles ne sont pas significatives sur le substrat SICO ($P=0,064801$). Le test pos-hoc fait apparaître dans le TU (Tableau N°31), le groupe 1 regroupe la contamination D2 et le groupe 2 contient le contrôle (D1). Pour le GG (Tableau N°36), le groupe 1 contient la dose (D3) et le groupe 2 le contrôle (D1). Aussi pour la CH on note (Tableau N°41) deux groupes, le groupe 1 contient les doses D3, D2 et le deuxième le contrôle (D1).

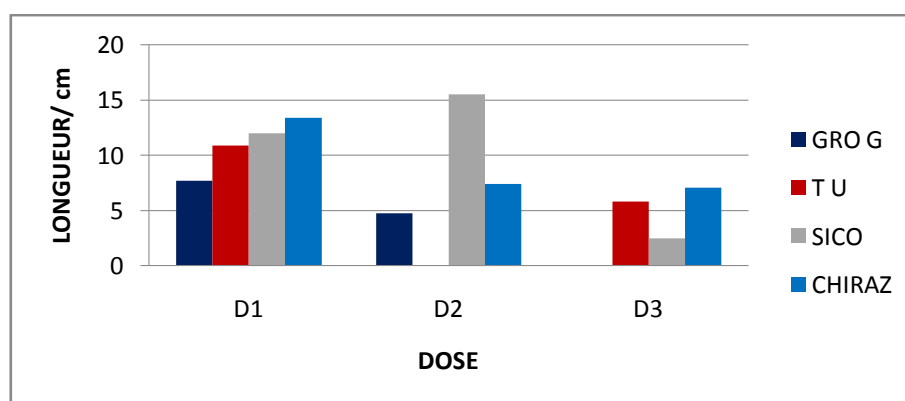


Figure 58 : Longueur racinaire de *Daucus carota* dans les différents substrats.

B- La tige

Les résultats de la longueur de la tige des plantes de *D.carota* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) et le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°59. Il en ressort que pour les doses 2.5% et 5% la longueur de la partie aérienne sont inférieures au contrôle 0% (D1) dans les différents substrats.

Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans les substrats GG (P=0,040195), TU (P=0,004562).Par contre, elles ne sont pas significatives sur les substrats SICO (P=0,095501) et CH (0,225334).

Le Test post- hoc nous révèle deux groupes homogènes pour le GG (Tableau N°37), dans le groupe 1 sont classées les doses(D3) et (D2), dans le groupe2 est classé le contrôle (D1).Pour le TU (Tableau N°32), nous avons dans le groupe 1 la dose(D3) et le contrôle (D1), et la dose (D2) dans le groupe 2.

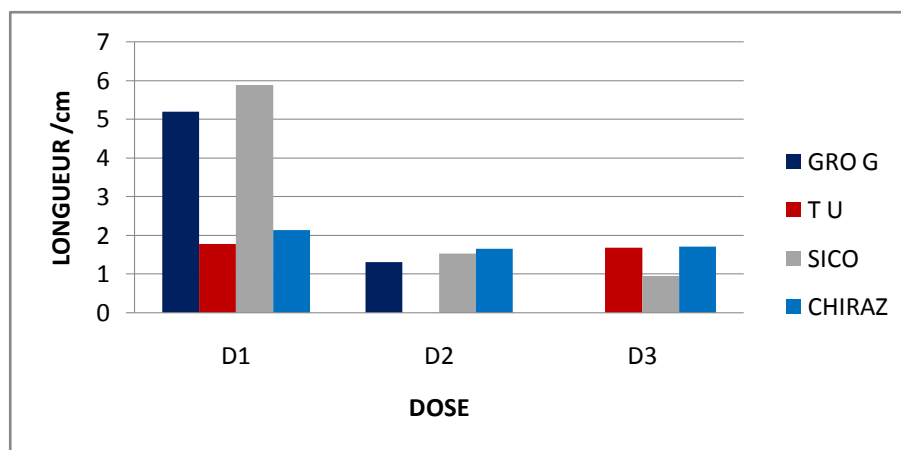


Figure 59 : Longueur de la partie aérienne de *Daucus carota* dans les différents substrats.

C- Nombre de feuille

Les résultats de nombre de feuilles des plantes de *D.carota* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) et le contrôle 0% (D1) sont présentés sur la Figure N°60. Il en ressort que pour les doses 2.5% et 5%, le nombre de feuille est inférieur au contrôle (D1) dans tous les substrats.

Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans les substrats GG (P=0,003358), TU (P=0,015143) et SICO (P=0,026143).Par contre, elles ne sont

pas significatives dans le substrat CH ($P=0,335064$). Le test post-hoc donne pour le SICO (Tableau N°30), le TU (Tableau N°33) et le GG (Tableau N° 38) deux groupes homogènes, dans le premier sont classées les doses D3 et D2, dans le deuxième est classé le contrôle D1.

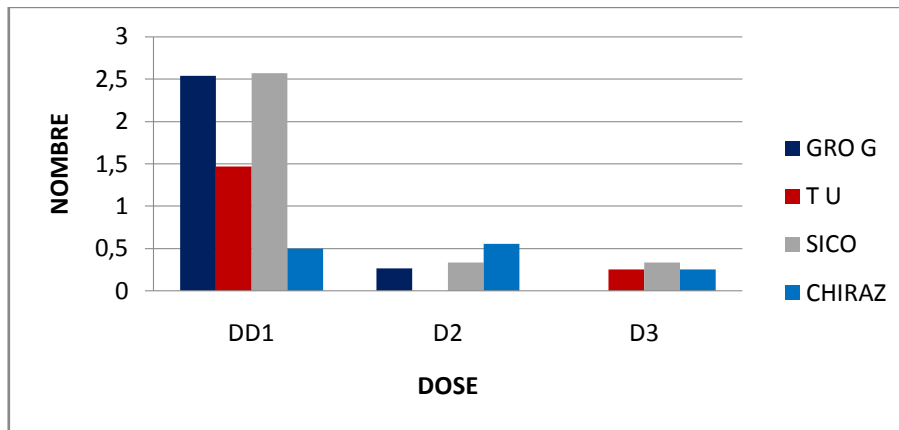


Figure 60 : Nombre de feuilles de *Daucus carota* dans les différents substrats.

D- La biomasse aérienne

Les résultats de la biomasse aérienne des plantes de *D.carota* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5 (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°61. Il en ressort que pour les doses 2.5% (D2) et 5% (D3) la biomasse aérienne est supérieure au contrôle (D1) au niveau de CH. À 2.5% (D2) de contamination, sur le substrat GG, la biomasse aérienne est supérieure au contrôle (D1). Dans les doses 2.5% (D2) et 5% (D3) elle est inférieure au contrôle 0% (D1) au niveau du SICO et du TU.

Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans les substrats GG ($P=0,028438$), TU ($P=0,005738$), et des variations non significatives pour CH ($P=0,562993$) et SICO ($P=0,323583$).

Le test post hoc (Tableau N°35) présente deux groupes homogènes pour le TU, dans le premier sont classées la dose D3 et le contrôle D1, dans le deuxième est classé la dose D2. Au niveau du GG (Tableau N°40), on a obtenu deux groupes, le premier contient le contrôle (D1) et la dose (D2), le deuxième contient la contamination (D3).

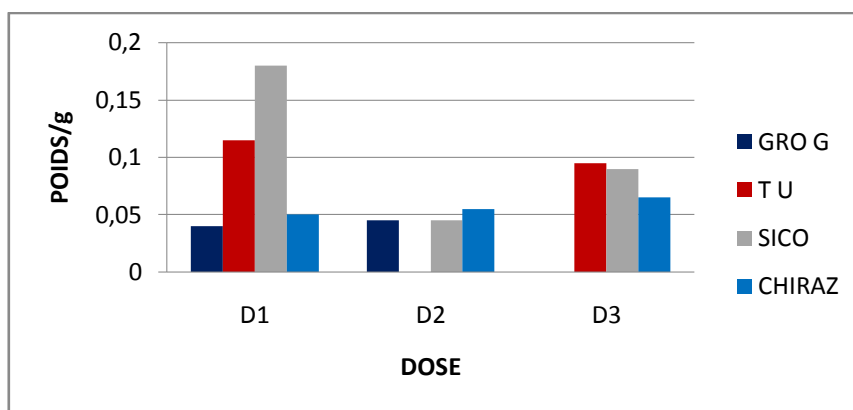


Figure 61 : Biomasse aérienne de *Daucus carota* dans les différents substrats.

E- La biomasse racinaire

Les résultats de la biomasse racinaire des plantes de *D.carota* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°62. Il en ressort que pour la dose 2.5% (D2) et 5% (D3) la biomasse racinaire est supérieure au contrôle 0% (D1) au niveau de CH et elle est inférieure au contrôle au niveau du SICO. A 5% (D3) de contamination, sur le substrat GG, la biomasse racinaire est nulle. Au niveau du TU, la biomasse racinaire est nulle à 2.5%. Le test de Newman-keuls a fait ressortir des variations non significatives dans les substrats SICO ($P=0,547092$), CH ($P=0,421875$). Par contre, elles sont significatives (Annexe N°2) sur les substrats TU ($P=0,010293$) et GG ($P=0,043935$). Le test post hoc a révélé la présence de deux groupes homogènes pour le TU (Tableau N°34), dans le groupe 1 sont classés le contrôle (D1) et la dose (D3), dans le groupe 2 est classé la dose (D2). Pour le GG (Tableau N°39), on a obtenu deux groupes homogènes dans le premier sont classés le contrôle (D1) et la dose (D2), dans le deuxième est classé la dose (D3).

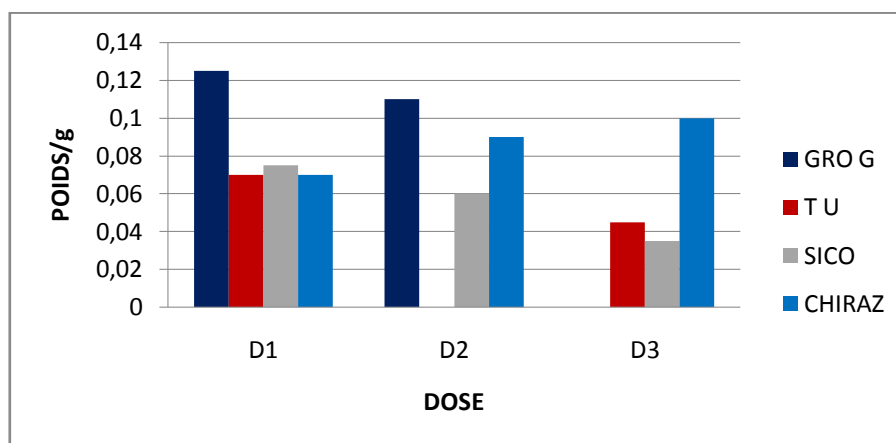


Figure 62: Biomasse racinaire de *Daucus carota* dans les différents substrats.

2-2-4- *Avena sativa*

A- Longueur racinaire

Les résultats de la longueur racinaire des plantes d'*A.sativa* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle (D1) sont illustrés par la Figure N°63. Il y'a une tendance générale à la diminution avec la contamination. Il en ressort que pour les doses 2.5% et 5% les longueurs racinaires sont inférieures au contrôle 0%(D1) au niveau des substrats CH et GG. À 5 % (D3) de contamination, sur les substrats SICO et TU, la longueur racinaire est inférieure au contrôle (D1). Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans les substrats dans TU (P=0,031673) et CH (P=0,003188). Par contre, elles ne sont pas significatives sur le substrat SICO (P=0,083881) et GG (P=0,091914). Le test post-hoc, montre deux groupes homogènes pour le TU (Tableau N°43), d'un côté le contrôle D1 et la dose D2 et d'un autre coté la dose D3. On a obtenu trois groupes homogènes (Tableau N°47) pour la CH, les doses sont classées dans des groupes différents.

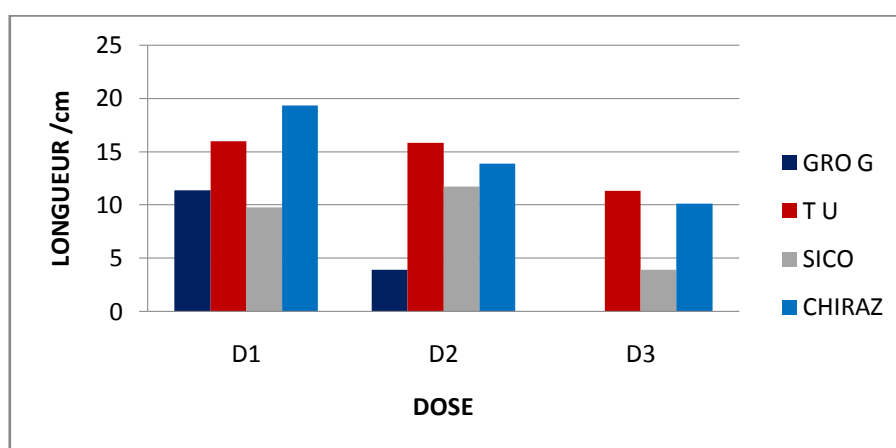


Figure 63 : Longueur racinaire d'*Avena sativa* dans les différents substrats.

B- La tige

Les résultats de la longueur de la tige des plantes d'*A.sativa* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle (D1) sont illustrés par la Figure N°64. Il en ressort que pour les doses (D2)2.5% et (D3)5% les longueurs de la tige sont inférieures au contrôle 0% (D1) au niveau des substrats CH et GG. Dans le TU, elle est supérieure au contrôle (D1). À 2.5% (D3) de contamination, sur le substrat SICO, la longueur de la tige est inférieure au contrôle (D1). Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans les substrats dans TU (P=0,020363) et CH

($P=0,006249$). Par contre, elles ne sont pas significatives sur le substrat SICO ($P=0,204196$) et GG ($P=0,405719$).

Le test post hoc révèle 3 groupes homogènes pour la CH (Tableau N°48) où les doses sont classées dans des groupes différents. Deux groupes homogènes, où le contrôle D1 et la dose D3 sont classés dans le groupe 1 et la dose D2 dans le groupe 2 pour le TU (Tableau N°44).

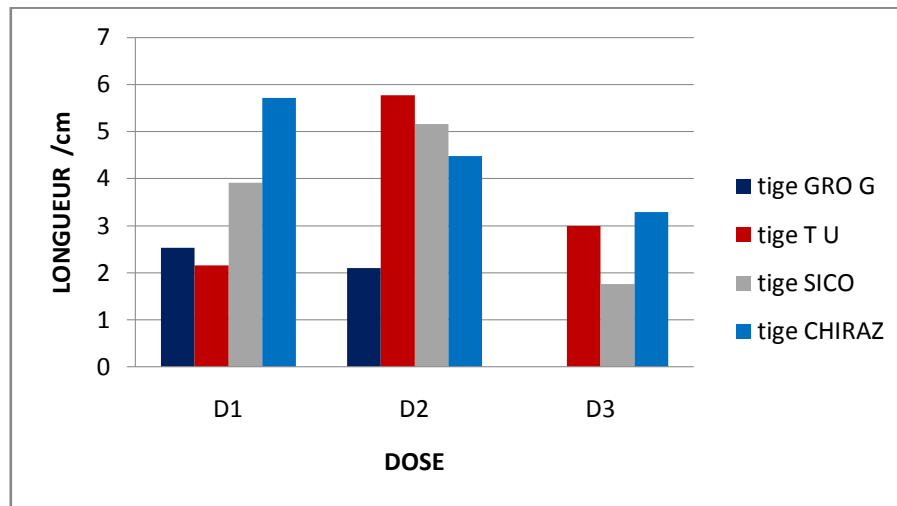


Figure 64 : Longueur des tiges d'*Avena sativa* dans les différents substrats.

C- Nombre de feuilles

Les résultats du nombre de feuilles des plantes de *D.carota* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) et le contrôle 0% (D1) sont présentés sur la Figure N°65. Il en ressort que pour les doses 2.5% le nombre de feuilles est supérieur au contrôle (D1) dans le substrat CH. A 2.5% de contamination, sur les substrats TU et GG, le nombre de feuilles est inférieur au contrôle (D1).

Par contre, au niveau du SICO il est supérieur au contrôle (D1) dans les échantillons contaminés à 2.5%.

Le test de Newman-keuls a fait ressortir des variations non significatives dans les quatre substrats GG ($P=0,215505$), TU ($P=0,367085$) et SICO ($P=0,817685$) et CH ($P=0,918691$).

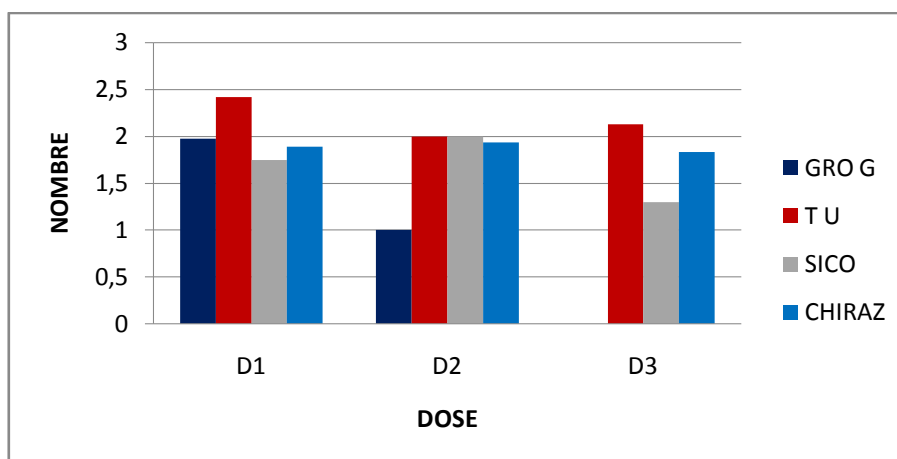


Figure 65 : Nombre de feuilles d’*Avena sativa* dans les différents sols.

D- La biomasse aérienne

Les résultats de la biomasse aérienne des plantes d’*A.sativa* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5 (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°66. Il en ressort que pour les doses 2.5% (D2) et 5% (D3) la biomasse aérienne est inférieure au contrôle (D1) au niveau de tous les substrats. À 5% (D3) de contamination, sur le substrat GG, la biomasse aérienne est nulle.

Le test de Newman-keuls (Annexe N°2) a fait ressortir des variations significatives dans le substrat TU (P=0,001001), et des variations non significatives pour CH (P=0,112679) et SICO (P=0,045622) et GG (P=0,078127). Le test post hoc présente trois groupes homogènes pour le TU (Tableau N°45).

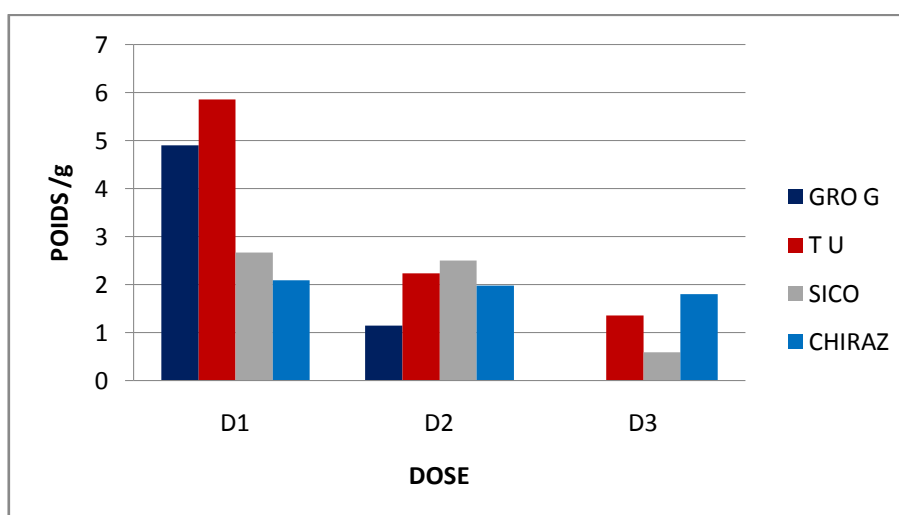


Figure 66 : Biomasse aérienne d’*Avena sativa* dans les différents substrats.

E- La biomasse racinaire

Les résultats de la biomasse racinaire des plantes d'*A.sativa* dans les différents substrats contaminés au gasoil aux doses 2.5% (D2) et 5% (D3) ainsi que le contrôle 0% (D1) sont illustrés par la Figure N°67. Il en ressort que pour la dose 2.5% (D2) la biomasse racinaire est supérieure au contrôle 0% (D1) au niveau des substrats SICO et TU. A 2.5% (D2) et 5% (D3) de contamination, sur le substrat GG et CH, la biomasse racinaire est inférieure au contrôle (D1). Le test de Newman-keuls a fait ressortir des variations non significatives dans les substrats TU (P=0,368205), CH (P =0,112679). Par contre, elles sont significatives sur les (Annexe N°2) substrats SICO (P=0,030281) et GG (P=0,004040). Le test post hoc présente deux groupes homogènes pour le GG (Tableau N°46), dans le premier groupe sont classées les doses (D2) et (D3) et dans le deuxième est classé le contrôle (D1). Aussi pour le SICO (Tableau N°42), le groupe 1 contient le contrôle D1 et la dose D2, le groupe 2 contient la dose (D3).

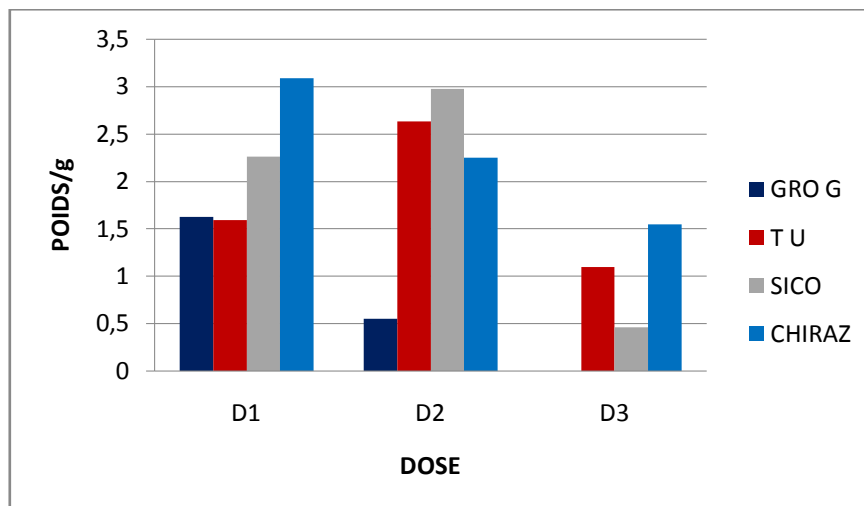


Figure 67 : Biomasse racinaire d'*Avena sativa* dans les différents substrats.

II- Discussion

1- Les résultats au niveau du laboratoire

Les tests effectués sur le coton sont des tests préliminaires, la germination sur coton peut beaucoup différer de la germination sur sol, vue la différence de la nature des substrats.

Après 10 jours de culture des quatre espèces végétales *Avena sativa*, *Xanthium strumarium*, *Daucus carota*, et *Cerinth major* dans le coton au niveau de différentes concentrations (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%) du carburant gasoil, nous avons remarqué que les taux de germination sont moins importants comparés aux résultats de la germination au

niveau de la serre, ceci peut être expliqué par le fait que les graines au niveau du coton sont plus exposés au gasoil, et de ce fait aux dommages (notamment physiques) sur l'embryon.

Les résultats montrent que la germination des graines de l'espèce *Daucus carota* a marqué un retard de germination au niveau du contrôle par rapport au milieu contaminé (5%), cela porte à croire que la contamination a pu stimuler la germination dans un premier temps avant de l'affecter d'une manière négative par la suite. Les paramètres de croissance de la longueur de tige et de racine pour *Daucus carota* ont été affectés négativement dans les milieux contaminés par le gasoil. La diminution des valeurs de ces paramètres suggère que *Daucus carota* ne possède pas une très bonne tolérance pour des concentrations élevées du gasoil, mais elle est meilleur comparée aux 2 autres espèces.

D'autres parts, les espèces *Avena sativa* et *Cerinthe major* montrent un taux de germination moins important à celle de *Daucus carota* aux différentes concentrations du gasoil, ce qui indique que ces plantes ont des degrés de sensibilités différents au carburant gasoil. L'inhibition de la germination augmente généralement avec l'augmentation de la concentration du carburant gasoil. *Xanthium strumarium* n'a pas germé durant ce test au laboratoire, ceci est probablement dû à une température un peu basse (26°C) durant le déroulement de ce test.

Ogbo (2009) a observé (avec des expériences sur coton) une réduction de la longueur des pousses de deux plantes cultivées en raison de la contamination par le gasoil (inhibition de 80,77% de la longueur des racines du maïs et de 43,12% du long des racines de *Sorgho bicolor* à 5% de gasoil). Amakiri et Onofeghara (1984) ont expliqué le phénomène de réduction de la germination en faisant référence aux propriétés chimiques et physiques du produit pétrolier. La germination peut être affectée par de nombreux paramètres, tels que la réduction des échanges d'oxygène et d'eau lorsque les semences sont entourées de carburant gasoil et la toxicité due à des fractions plus légères de carburant gasoil (Adam et Duncan 2002).

2- Les résultats au niveau de la serre

Les taux de germination des deux espèces *Xanthium strumarium* et *Avena sativa* est important même dans les différents milieux contaminés au gasoil, cela signifie que ces deux espèces sont résistantes aux différentes concentrations du gasoil dans les différents sols (SICO, la CH, TU et le GG). Il a été rapporté que *Xanthium strumarium* et *Avena sativa* sont capables de se développer dans de nombreux habitats (Weaver et Lechowicz, 1983). Les

graines de *Daucus carota* ont germées dans les sols contaminés. Cependant, les taux de germination sont moins importants comparé à ceux de *Xanthium strumarium* et *Avena sativa* dans les différents milieux contaminés. Les ombellifères dont fait partie *Daucus carota* possèdent une tolérance aux produits pétroliers (Bergue & Mérienne, 1986). *Cerinth major* est la plus sensible au gasoil, surtout au niveau des substrats GG, CH et du SICO.

Les résultats obtenus montrent que les quatre espèces réagissent de différentes manières avec les concentrations du gasoil. Plusieurs études ont démontré les effets négatifs du gasoil sur la germination et la croissance des plantes, et ont démontré que ces effets dépendent des plantes notamment (Adam & Duncan, 2002 ; Ogbo, 2009 ; Luhach & Chaudhry, 2012).

Pour le *Xanthium strumarium*, les résultats dans les différents substrats (SICO, GG, CH et TU) ont révélé une bonne germination des graines de l'espèce et une bonne croissance des parties aérienne et racinaire à des concentrations élevées de gasoil. *Xanthium strumarium* présente un bon rendement sur le substrat CH à des concentrations élevées du gasoil et aussi sur le SICO. Dans les deux autres substrats (GG et TU) cette espèce montre une croissance moins importante. Ceci porte à croire que cette espèce possède une bonne tolérance à la contamination par le carburant gasoil. De plus il semblerait que d'une manière générale, la longueur des racines de cette espèce a été positivement influencée par la contamination. Les mêmes résultats ont été obtenus par Dib et Sadoudi (2019). La famille des astéracées (à laquelle appartient *X. strumarium*) est utilisée dans la bioremédiation de plusieurs contaminants (Nikolić et Stevović 2015) et a montré une capacité de stimulation de la dissipation des HAP (Olson et al. 2007).

Pour *Avena sativa* les résultats dans les différents substrats (SICO, GG, CH et TU) ont révélé une bonne germination des graines de l'espèce et une bonne croissance des parties aérienne et racinaire à des concentrations élevées de gasoil (5%). Des résultats similaires ont été rapportés par Oultaf (2015) sur l'espèce *Medicago sativa*. Une autre étude (Luhach et Chaudhry, 2012) a montré l'effet phytotoxique de la contamination par le carburant gasoil qui a été étudié sur quatre cultures agricoles, à savoir *Zea mays*, *Vigna radiata*, *Sorghum vulgare* et *Pennisetum glaucum* à quatre niveaux de contamination. (Toutes les espèces de plantes testées contamination tolérée du carburant diesel à des niveaux de 2,5% et à 5% et le pourcentage total de germination des semences se situait entre 43,7 à 86,7%).

Les résultats pour la *Cerithe major*, *Daucus carota* et *Avena sativa* nous ont montré une germination des graines et une croissance moindre que celles du *Xanthium strumarium*, en effet d'une manière générale les valeurs diminuent avec l'augmentation de la concentration du gasoil, ces trois plantes possèdent une moindre tolérance à la contamination par le gasoil. Bona et al. (2011) ont montré que le pourcentage de germination de *Schinus terebinthifolius* Raddi diminuait de manière significative avec la contamination par le carburant diesel. Tang et al. (2011) ont signalé que la contamination par les hydrocarbures pétroliers induit une sensibilité à l'élongation des racines (inhibition de 40% de la croissance racinaire du maïs et de 30% du blé à une teneur en TPH de 0,5%, et l'inhibition augmentait avec l'augmentation du niveau de contamination). Selon Adam et Duncan (2002), la croissance des plantes peut être affectée par la modification du rapport C / N par la contamination par les hydrocarbures, et Molina-Barahona et al. (2005) ont signalé que le transfert d'alcanes à longue chaîne sur la partie aérienne pourrait entraîner une réduction de la longueur de la tige.

La *Cerithe major* montre une bonne croissance au niveau du TU et une croissance moindre pour les autres substrats. *Daucus carota* présente une bonne croissance au niveau de la CH et une croissance moindre pour les autres substrats. *Avena sativa* montre une bonne croissance au niveau du TU et la CH et une croissance moindre pour les autres substrats (SICO et GG).

Les meilleurs substrats sont la Chiraz et le terreau universel, le Gro green est le substrat le moins bon. Nous remarquons, que parmi les 4 espèces, *X. strumarium* a la meilleure capacité d'adaptation pour le changement des conditions du sol (les différents substrats). La capacité d'adaptation du *X. strumarium* à divers types de sols a été rapportée par plusieurs auteurs, notamment Weaver et Lechowicz (1983).

Conclusion

Conclusion

Ce travail s'inscrit dans une perspective d'utilisation des tests de phytotoxicité pour déterminer et sélectionner des espèces végétales tolérantes qui peuvent être potentiellement utilisés en phytoremédiation. L'objectif vise à évaluer la phytotoxicité du carburant gasoil à différents pourcentages (0%, 2.5% et 5%) sur quatre espèces végétales (*Avena sativa*, *xanthium strumarium*, *Cerinth major* et *Daucus carotta*) et ceci dans les différents types de substrats (CH, SICO, GG et TU). Les conclusions suivantes ont été tirées :

- Les espèces sélectionnées ont réagi différemment face à la contamination, que ce soit sur le coton ou dans les quatre types de substrats utilisés.
- Au niveau des tests préliminaires, seul *Daucus carota* a montré une certaine résistance à la contamination. La phytotoxicité s'est probablement exercé par des contraintes physiques sur les graines (toxicité, réduction des échanges par formation d'un film).
- *Xanthium strumarium* peut se développer et survivre dans différents substrats contaminés par le gasoil. Elle présente un bon rendement au niveau de la CH et TU, et peut tolérer une concentration de 5%. La contamination par le gasoil a entraîné une réduction de la longueur, de la biomasse et du nombre de feuilles de la partie aérienne du *Xanthium strumarium* (même si les diminutions ne sont pas très importantes). Au contraire, la longueur de la racine et sa biomasse a été influencé positivement par la contamination avec le carburant gasoil et même au niveau de la contamination à 5%, quand il y'a une réduction, elle n'est pas importante.
- Pour *Avena sativa*, nous avons obtenus les meilleurs taux de germination après le *X. strumarium*. Nous avons obtenu des taux de germination plus bas pour la *Daucus carota* et la *Cerinth major*. La *Cerinth major* est l'espèce dont la germination est la plus sensible au niveau de la contamination à 5%.
- Pour les longueurs racinaires (*Daucus carota* et *Cerinth major*, et *Avena sativa*), il y'a une tendance générale à la diminution avec l'augmentation de la contamination, même si des fois il y'a une certaine stimulation sur certains substrats à 2,5% et à 5% pour la Cerinthe sur la CH.
- Pour les longueurs des tiges (*Daucus carota* et *Cerinth major*, et *Avena sativa*), il y'a une tendance générale à la diminution avec l'augmentation de la contamination, même si des fois il y'a une certaine stimulation pour *Avena sativa* (surtout à 2,5%).
- Pour le nombre de feuilles (*Daucus carota* et *Cerinth major* et *Avena sativa*), il y'a une tendance générale à la diminution avec l'augmentation de la contamination,

surtout au niveau de *Daucus carota*, même si des fois il y'a une certaine stimulation, notamment pour l'avoine et la Cerinthe dans le SICO à 2,5%.

- Pour la biomasse aérienne (*Daucus carota* et *Cerinthe major*, et *Avena sativa*), il y'a une tendance générale à la diminution avec l'augmentation de la contamination, surtout au niveau de la *Cerinthe major*.
- Pour la biomasse racinaire (*Daucus carota* et *Cerinthe major*, et *Avena sativa*), il y'a une tendance générale à l'augmentation au niveau de la *Cerinthe major* à 2,5% avec une chute brutale à 5%. Et une tendance générale à la diminution chez l'avoine et la carotte, avec des stimulations dans quelques substrats.
- Au niveau du GG, il y'a absence germination total à 5% de contamination pour l'avoine et la Cerinthe, et aussi au niveau du sicoflore à 5% pour la *Cerinthe major*.
- Au niveau de la Chiraz, la biomasse racinaire a tendance à être stimulée, sauf au niveau de l'avoine.
- Les meilleurs substrats sont la Chiraz et le terreau universel.
- D'une manière générale, *Xanthium strumarium* est l'espèce la plus tolérante, suivie par *Avena sativa*, *Daucus carota*, et *Cerinthe major*. Cependant, cet ordre est modifié dans certains substrats et certains paramètres.

Comme perspective à cette étude, nous recommandons l'utilisation du *Xanthium strumarium* dans des tests de phytoremédiation sur site, pour déterminer son efficacité dans la dépollution des sites contaminés par les produits pétroliers.

Liste des Annexes

Liste des Annexes

Annexe 1 : Test au laboratoire

- *Avena sativa* Pvalue=0,000001

Tableau 1 : Test de Newman-Keuls du taux de germination d'*Avena sativa*

	Var1	Var2	1	2
4	D4	6,66667	****	
6	D6	10,00000	****	
3	D3	16,66667	****	
2	D2	16,66667	****	
5	D5	20,00000	****	
1	D1	93,33333		****

- *Cerithe major* Pvalue= 0,000297

Tableau 2: Test de Newman-Keuls du taux de germination de la *Cerithe major*

	Var1	Var2	1	2
5	D5	6,66667	****	
4	D4	7,66667	****	
6	D6	10,00000	****	
3	D3	23,33333	****	
2	D2	23,33333	****	
1	D1	86,66667		****

Les paramètres de croissances

- *Daucus Carota*

Tableau 3 : Test de Newman-keuls du paramètre longueur aérienne.

	Var1	TIGE	1	2	3
4	D4	0,986111	****		
6	D6	1,020556	****		
5	D5	1,133333	****		
3	D3	1,287500	****		
2	D2	1,936111		****	
1	D1	2,336508			****

▪ *Cerithe major*

Tableau 4 : Test Newman-keuls du paramètre longueur de la partie aérienne.

P-value tige=0,009183

	Var1	TIGE	1	2
5	D6	0,500000	****	
3	D3	0,900000	****	
4	D5	4,050000	****	****
2	D2	6,480000		****
1	D1	6,950875		****

Annexes 2 : Les résultats dans la serre

▪ *Avena sativa*

Tableau 5 : Taux de germination d'*Avena sativa* dans le Gro green.

	Var1	Var2	1	2
1	D3	0,00000	****	
2	D2	20,00000	****	
3	D1	85,00000		****

▪ *Cerithe major*

Tableau6: Taux de germination de la *Cerithe major* dans le terreau universel.

	Var1	Var2	1	2
3	D3	30,00000		****
2	D2	85,00000	****	
1	D1	90,00000	****	

Tableau7 : Taux de germination de la *Cerithe major* dans le sicoflore.

	Var1	Var2	1	2
1	D3	0,00000		****
2	D2	55,00000	****	
3	D1	85,00000	****	

▪ *Xanthium strumarium*

Tableau 8 : Taux de germination de *Xanthium strumarium* dans le Gro Green.

Var1	Var2 Moyenne	1	2
D3	30,00000		****
D2	55,00000	****	
D1	55,00000	****	

Les paramètres de croissance au niveau de la serre

- *Xanthium strumarium*
- Sicoфlore

Tableau 9 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur racinaire.

Pvalue = 0.026041

	Var1	Var2	1	2
1	D1	14,81250	****	
3	D3	16,32500	****	
2	D2	22,87500		****

Tableau 10 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur de la partie aérienne.

Pvalue = 0.001686

	Var1	Var3	1	2	3
3	D3	11,40000	****		
2	D2	15,30167		****	
1	D1	17,58750			****

Tableau 11 : Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse racinaire.

Pvalue =0.003803

	Var1	Var5	1	2
1	D1	1,525000	****	
3	D3	1,855000	****	
2	D2	4,200000		****

Tableau 12 : Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse aérienne.

Pvalue =0.00125

	Var1	Var6	1	2	3
3	D3	2,845000	****		
1	D1	6,215000		****	
2	D2	7,615000			****

▪ **Gro green**

Tableau 13 : Test de Newman-Keuls du paramètre du paramètre nombre de feuille.

P value =0,034099

	Var1	Var4	1	2
2	D2	2,583333	****	
3	D3	3,333333	****	****
1	D1	4,000000		****

Tableau 14 : Test de Newman-Keuls du paramètre du paramètre biomasse racinaire.

P value =0,000745

	Var1	Var5	1	2	3
3	D3	3,345000	****		
2	D2	7,065000		****	
1	D1	8,610000			****

▪ **la Chiraz**

Tableau 15 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur de la partie aérienne.

Pvalue=0,011346

	Var1	TIGE	1	2
3	D3	15,59167	****	
2	D2	16,26500	****	
1	D1	18,89167		****

- *Cerithe major*
- Dans le sicoflore

Tableau 16 : Test de Newman-Keuls du paramètre de la longueur racinaire.

Pvalue =0,042648

	Var1	Var2	1	2
3	D3	0,00000		****
1	D1	8,60298	****	
2	D2	10,61234	****	

Tableau 17 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur de la partie aérienne.

Pvalue =0,003413

	Var1	Tige	1	2
3	D3	0,00000		****
2	D2	8,43377	****	
1	D1	11,66750	****	

Tableau 18 : Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse aérienne.

Pvalue=0,019190

	Var1	biom aer	1	2
3	D3	0,000000	****	
1	D1	1,025000	****	
2	D2	2,265000		****

Tableau 19 : Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse racinaire

Pvalue =0,002379

	Var1	bio racinaire	1	2	3
3	D3	0,000000	****		
2	D2	2,885000		****	
1	D1	7,450000			****

▪ Dans le terreau universel

Tableau 20 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur racinaire.

P value=0,020153

	Var1	racine	1	2
3	D3	6,60000	****	
2	D2	7,07833	****	
1	D1	13,67308		****

Tableau 21 : Test de Newman-Keuls du paramètre nombre de feuille.

Pvalue=0,007426

	Var1	moy feuil	1	2
3	D3	2,000000	****	
2	D2	2,076923	****	
1	D1	3,166667		****

Tableau 22 : Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse aérienne.

Pvalue=0,005311

	Var1	bio aer	1	2
3	D3	1,54500	****	
2	D2	3,95000	****	
1	D1	13,95500		****

▪ Dans le Gro green

Tableau 23: Test de Newman-Keuls du paramètre longueur racinaire.

Pvalue =0,013382

	Var1	racine	1	2
3	D3	0,000000		****
1	D1	5,174107	****	
2	D2	8,442857	****	

Tableau 24: Test de Newman-Keuls du paramètre longueur de la partie aérienne.

pvalue=0,000655

	Var1	tige	1	2	3
3	D3	0,00000	****		
2	D2	7,04643		****	
1	D1	10,99554			****

Tableau 25 : Test de Newman-Keuls du paramètre nombre de feuille.

pvalue =0,001535

	Var1	moy d feuil	1	2	3
3	D3	0,000000	****		
2	D2	2,000000		****	
1	D1	2,678571			****

Tableau 26 : Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse racinaire.

pvalue =0,005391

	Var1	bio raci	1	2
3	D3	0,000000	****	
1	D1	0,165000	****	
2	D2	0,885000		****

Tableau 27 : Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse aérienne.

Pvalue= 0,010666

	Var1	bio aer	1	2	3
3	D3	0,000000	****		
2	D2	2,615000		****	
1	D1	4,605000			****

▪ **Dans la Chiraz**

Tableau28:Test de Newman-Keuls du paramètre de la longueur de la partie aérienne.

Pvalue=0,019372

	Var1	tige	1	2
3	D3	5,363492	****	
2	D2	6,425253	****	
1	D1	9,436538		****

Tableau 29: Test de Newman-Keuls du paramètre La biomasse aérienne.

Pvalue= 0,015211

	Var1	bio aer	1	2
3	D3	2,430000	****	
2	D2	3,455000	****	
1	D1	6,330000		****

- *Daucus Carota*
- Dans le sicoflore

Tableau 30 : Test de Newman-Keuls du paramètre nombre de feuille

Pvalue =0,026143

	Var1	nbr d feuil	1	2
3	D3	0,333333	****	
2	D2	0,333333	****	
1	D1	2,571429		****

- Dans le terreau universel

Tableau 31 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur racinaire.

Pvalue : 0,044900

	Var1	Racine	1	2
2	D2	0,00000	****	
3	D3	5,77500	****	****
1	D1	10,86667		****

Tableau 32 : Test de Newman-Keuls du paramètre Longueur de la partie aérienne.

Pvalue =0,004562

	Var1	Tige	1	2
2	D2	0,000000		****
3	D3	1,675000	****	
1	D1	1,775000	****	

Tableau 33 : Test de Newman-Keuls du paramètre nombre de feuille.

Pvalue = 0,015143

	Var1	nbr d feuil	1	2
2	D2	0,000000	****	
3	D3	0,250000	****	
1	D1	1,466667		****

Tableau 34 : Test de Newman-Keuls du paramètre La biomasse racinaire.

Pvalue =0,010293

	Var1	bio raci	1	2
2	D2	0,000000		****
3	D3	0,045000	****	
1	D1	0,070000	****	

Tableau 35:Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse aérienne.

Pvalue = 0,005738

	Var1	bio aer	1	2
2	D2	0,000000		****
3	D3	0,095000	****	
1	D1	0,115000	****	

- **Dans le Gro green**

Tableau 36 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur racinaire.

Pvalue = 0,036036

	Var1	racine	1	2
3	D3	0,000000	****	
2	D2	4,730000	****	****
1	D1	7,679167		****

Tableau 37 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur de la partie aérienne

Pvalue =0,040195

	Var1	tige	1	2
3	D3	0,000000	****	
2	D2	1,305000	****	
1	D1	5,195833		****

Tableau 38 : Test de Newman-Keuls du paramètre nombre de feuille.

Pvalue =0,003358

	Var1	nbr d feuil	1	2
3	D3	0,000000	****	
2	D2	0,266667	****	
1	D1	2,541667		****

Tableau 39: Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse racinaire.

Pvalue = 0,043935

	Var1	bio raci	1	2
3	D3	0,000000		****
2	D2	0,110000	****	
1	D1	0,125000	****	

Tableau 40: Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse aérienne.

Pvalue = 0,028438

	Var1	bio aer	1	2
3	D3	0,000000		****
1	D1	0,040000	****	
2	D2	0,045000	****	

▪ Dans la Chiraz

Tableau 41: Test de Newman-Keuls du paramètre longueur racinaire.

Pvalue=0,024916

	Var1	racine	1	2
3	D3	7,07500	****	
2	D2	7,40000	****	
1	D1	13,38333		****

- *Avena sativa*
- le sicoflore

Tableau 42 : Test de Newman-Keuls du paramètre La biomasse racinaire d'*A.sativa*.

Pvalue = 0,030281

	Var1	BIO raci	1	2
3	D3	0,460000		****
1	D1	2,260000	****	
2	D2	2,975000	****	

▪ Dans le terreau universel

Tableau 43 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur racinaire d'*A.sativa*.

Pvalue= 0,031673

	Var1	RACINE	1	2
3	D3	11,32619		****
2	D2	15,82500	****	
1	D1	15,97778	****	

Tableau 44 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur de la partie aérienne.

Pvalue= 0,020363

	Var1	TIGE	1	2
1	D1	2,157143	****	
3	D3	2,998810	****	
2	D2	5,770000		****

Tableau 45 : Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse aérienne d'*A.sativa*.

Pvalue = 0,001001

	Var1	BIO AER	1	2	3
3	D3	1,350000	****		
2	D2	2,235000		****	
1	D1	5,860000			****

▪ Dans le Gro green

Tableau 46 : Test de Newman-Keuls du paramètre biomasse racinaire d'*A.sativa*.

Pvalue = 0,004040

	Var1	BIO rac	1	2
3	D3	0,000000	****	
2	D2	0,575000	****	
1	D1	4,895000		****

▪ Dans la Chiraz

Tableau 47 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur racinaire d'*A.sativa*.

Pvalue= 0,003188

	Var1	racine	1	2	3
3	D3	10,11667	****		
2	D2	13,90179		****	
1	D1	19,36319			****

Tableau 48 : Test de Newman-Keuls du paramètre longueur de la partie aérienne.

Pvalue = 0,006249

	Var1	tige	1	2	3
3	D3	3,294444	****		
2	D2	4,486607		****	
1	D1	5,718750			****

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- 1- **AYOUTAMUNO J.M., KOGBARA R.B., AGORO O.S.** (2009). Biostimulation supplemented with phytoremediation in the reclamation of petroleum contaminated soil. *World J Microbiol and bioaugmentation. Bioresource Technology* 96:1049-1055p.
- 2- **ATTAF L et OURAHMOUNE S.** (2017). Impact de différents substrats sur la morphogénèse du basilic (*Ocimum basilicum L.*) variété Basilic Grand Vert provenant d'Abizar Timizart, nord de l'Algérie. Mémoire de fin d'études en biologie : biotechnologie et valorisation des plantes. Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou. 21-22p.
- 3- **AMAKIRI JO, ONOFEHARA FA.** (1984). Effects of crude oil pollution on the germination of Zeamays and Capsicum frutescens. *Environ Pollut.* 35:159–167.
- 4- **ADAM, G et DUNCAN H .J.** (1999). Effect of diesel fuel on growth of selected plant species. Department of Agricultural, Food and Environmental Chemistry, Joseph Black Building, University of Glasgow, GLASGOW G12 8QQ, Scotland. 21, 353-357p.
- 5- **ADAM BOCARD C.** (2006). Marées noires et sols pollués par les hydrocarbures. Paris : Technip, 292p.
- 6- Anonyme. (2015). Hydrocarbures pétroliers : caractéristiques, devenir et criminalisation environnemental. Centre d'expertise en analyse environnemental du Québec : 41p.
- 7- **BLANCHET B et CUILLE J.** (1958). les traitements pesticides a débit réduit en culture fruitière tropicale. les huiles de traitement, leur phytotoxicité .fruit. (Vol : 13, n°2), 53-65p.
- 8- **BLIEFERT C., PERRAUD R.** (2008). Chimie de l'environnement : Air, Eau, sol, déchets Edition de Boeck. 360p.
- 9- **BOCARD, C.** (2006). Marées noires et sols pollués par les hydrocarbures. Paris : Technip, 292p.
- 10- **BRUNETON J.** (2001). Plantes toxiques : végétaux dangereux pour l'homme et les animaux. (éd. 2^{ème}) : 564p.
- 11- **BERGUE J-M, MERIENNE D.** (1986). La pollution des sols par les hydrocarbures. Bull liaison Labo P et Ch.: 57–66.
- 12- **BOUST C., LEBERTON R.** (2006). *Combustibles et carburants pétroliers*. IRNS, 7p.

- 13- BONA C., IGOR M., SANTOS G and LUIZ ANTONIO.** (2011).Effect of soil contaminated by diesel oil on the germination of seeds and the growth of *schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) seedlings. (vol.56, (6)):1379-1387p.
- 14- COLOMBANO, S ., SAADA, A., VICTOIRE, E ., GUERIN, V., ZORNIG, C ., AMALRIC, L., BLESSING, M ., WIDORY, D ., HUBE, D et BLANC, C.** Nature des produits pétroliers et origine du vieillissement. BRGM, 141p.
- 15- CALVET R.** (2003).Le sol propriétés et fonctions (constitution et structure, phénomène aux interfaces) :455p.
- 16- COLIN F.** (2000).pollution localisé des sols et des sous sols par les hydrocarbures et par les solvants chlorés. Edition TEC et DOC : 417p.
- 17- DIB D, SADOUDI ALI AHMED D.** (2019). Influence of diesel fuel contamination on *Xanthium strumarium* L. germination and growth. International Journal of Phytoremediation.:1–5p.
- 18- FATTAL P.** (2008). Pollution des cotes par les hydrocarbures. Presse universitaire de Rennes : 396p.
- 19- HUSSON O., CHARPENTIER H., MICHELLON R., RAZANAMPARANY C., NARCISSE M., SEGUY L., ENJALRIC F.** (2012).Avoine *Avena sativa* et *Avena strigosa*. Fiche technique : plantes de couverture : graminées annuelles. (vol.3(12)) :8p.
- 20- JEAN M.** (1986).la pollution des sols par les hydrocarbures : 57-66p.
- 21- KELECHI L.N., MODUPE O., AKINOLA and Bola O.O.** (2008). Growth and Performance of *Glycine max* L. (Merrill) Grown in Crude Oil Contaminated Soil Augmented with Cow Dung. Department of Cell Biology and Genetics, University of Lagos, Akaka Lagos, Nigeria. *Nature and Science.* (6(1)): 48-56p.
- 22- KAUL V.**(1970).Physiological ecology of *Xanthium strumarium* L.IV(Effect of climatic factors on growth and distribution:799-812p.
- 23- LEMIERE B., SERGUIN J J., LEGUERN C., GUYONNET D., BARANGER PH.** (2001).*Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes.* BRGM: 87p
- 24- LOVE D. and DANSEREAU P.** (1959) Biosystematic studies on *Xanthium*: taxonomic appraisal and ecological status. Canadian J. Botany, 37):173-208p.
- 25- LUHACH J, CHAUDHRY S.** (2012). Effect of diesel fuel contamination on seed germination and growth of four agricultural crops. Univers J Environ ResTechnol. 2:311–317p.
- 26- MAMAROT J.** (2002).Mauvaise herbes des cultures. ACTA.2^{eme} Edition. 540p.

- 27- MOLINA-BARAHONA, VEGA-LOYO L, GUERRERO M, RAMIREZ S, REMERO I, VEGA-JARQUIN C, ALBORES A.** (2005). Ecotoxicological evaluation of diesel-contaminated soil before and after a bioremediation process. *Environ Toxicol.* 20:100–109p.
- 28- NIKOLIC M, STEVOVIC S.** (2015). Family Asteraceae as a sustainable planning tool in phytoremediation and its relevance in urban areas. *Urban For Urban Green.* 14:782–789 p.
- 29- NAHAR N., MAZED H.E.M.K., MOONMOON J.F., MEHRAJ H and A.F.M J U.** (2014). Growth and yield response of carrot (*Daucus carota* L) to phosphorus international journal of business social and scientific research (volume 01) : 125-128 p .
- 30- NJOKU K. L., AKINOLA M O and TAIWO B.G.** (2009). Effect of gasoline diesel fuel mixture on the germination and the growth of *vigna unguiculata*. (Cowpea) Environmental biology laboratory. Department of cell biology and genetics university of lagos. Akoka lagos. Nigeria: 466-471p.
- 31- NJOKU K.L., AKINOLA M.O and BOLA O.O.** (2009). Growth and Performance of *Glycine max* L. (Merrill) grown in crude oil contaminated soil .Augmented with cow dung .Environmental biology laboratory. Department of cell biology and genetics, University of lagos, Akoka lagos, Nigeria: 48-56p.
- 32- OLSON PE, CASTRO A, JOERN M, DUTEAU NM, PILON-SMIT EAH, REARDON KF.** (2007). Comparison of plant families in a green house phytoremediation study on an aged polycyclic aromatic hydrocarbon–contaminated soil. *J Environ Qual.* 36:1461–1469p.
- 33- OULTAF L.** Étude comparative de l’efficacité de trois techniques de remédiation (phytoremediation, biostimulation, bioaugmentation) sur des sols pollués par les carburants. Mémoire de Magister en sciences biologique. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou : 90p.
- 34- RAMADE F.** (1992). précis d’écotoxicologie. Edit. Massoun. Paris : 300p.
- 35- SHIRDAM R., ZAND A.D., NABI B GH et MEHRDADI N.**(2008). Phytoremediation of hydrocarbon-contaminated soils with emphasis on the effect of petroleum hydrocarbons on the growth of plant species.(vol 89).(numéro 1):21-29.

- 36- SOLTANI M.** (2004). Distribution et voies de décontamination métaboliques chez quatre bactéries Gram-négatives hydrocarbonoclastes. Variation en fonction de la source de carbone. Thèse de doctorats de l'université Pierre et Marie Curie de Paris : 284p.
- 37- SIMONNOT M.O.** et **CROZE V.** (2008). Procédés de traitements physiques et chimiques des sols pollués.
- 38- SOUICI S.** et **ANNOU H.** (2015). Évaluation de la phytotoxicité des hydrocarbures pétroliers sur la germination de quelques plantes. Mémoire de master en sciences Biologiques. Université de Kasdi merbah Ouargla : 58p.
- 39- TORR.** et **GRAY A.** *Xanthium Strumarium L. var .canadense* (Mill.). 6p
- 40- TANG J, WANG M, WANG F, SUN Q, ZHOU Q.** (2011). Eco-toxicity of petroleum hydrocarbon contaminated soil. *J Environ Sci.* 23:845–851p.
- 41- VILA.** (2006). Utilisation de plantes agronomiques et lacustres dans la dépollution des sols contaminés par le RDX et le TN : Approches en laboratoire, Thèse pour obtenir le titre de docteur de l'institut National Polytechnique de Toulouse, école doctorale : transfert, dynamique des fluides, énergétique et procédés en science des agroressources : 8-10p.
- 42- WAKAI I.Y.** (2012). Développement des corrélations pour le calcul des propriétés du pétrole et de ses fractions. Mémoire Master académique .University Kasdi Merbah Ouargla : 32p.
- 43- WEAVER S.E.** and **LECHOWICZ M.J.** (1983). The biology of Canadian weeds. 56. *Xanthium strumarium L.* *Can J Plant sci.* (63): 211-225p.

Cite internet

- 44- https://www.php.obs-banyuls.fr/UVED/module/voir_taxon/taxon_numero_247.html**
- 45- Tela Botanica.org.**

Résumé

Notre travail a consisté dans l'étude des effets du carburant gasoil sur quatre espèces végétales : *Xanthium strumarium*, *Avena sativa*, *Daucus carota* et la *Cerithe major*. Dans l'étude préliminaires six niveaux de contamination (0%,5%,10%,15%,20% et25%) ont été réalisé sur coton. Au niveau de la serre nous avons utilisé trois niveaux de contamination (0%,2.5% et 5%) pour chaque substrat (Chiraz, terreau universel, sicoflore et Gro green).Nous nous sommes intéressés aux indicateurs de croissances suivants : la germination, la longueur racinaire et la longueur aérienne, le nombre de feuilles, et les biomasses aérienne et racinaire. Les paramètres des quatre espèces ont été influencés différemment, selon le type d'espèce, de substrat, et le niveau de contamination. D'après les résultats l'espèce la plus tolérante et la plus intéressante pour une éventuelle utilisation en phytoremédiation est le *Xanthium strumarium*, les autres espèces sont moins résistantes.

Mots clés : phytotoxicité, diesel, germination, croissance.

Abstract

Our work consisted in studying the effects of diesel fuel on four plant species: *Xanthium strumarium*, *Avena sativa*, *Daucus carota* and *Cerithe major*. In the preliminary studies six levels of contamination (0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25%) were carried out on coton.At the greenhouse we used three levels of contamination (0%, 2.5% and 5%) for each substrate (Shiraz, universal potting soil, sicoflore and Gro green). We were interested in the following growth indicators: germination, root length and aerial length, number of leaves, and aerial and root biomasses. The parameters of the four species were influenced differently, depending on the type of species, substrate, and level of contamination. According to the results the most tolerant and interesting species for a potential use in phytoremediation is *Xanthium strumarium*; the other species are less resistant.

Key words: phytotoxicity, diesel, germination, growth.