

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Département des sciences biologiques



Mémoire en vue de l'obtention de diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biotechnologie Végétale

Présenté par : DEBBA Chafia et BENOUMENA Rafla

Thème :

Effets de différentes proportions de graines de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur la germination et post-germination des graines de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Cas de la mise en germination en même temps

Soutenu, Le : 20/06/2022

Devant le jury :

Président : Mme DJERROUDI O. M.C.A U.K.M. Ouargla

Promoteur : M CHAABENA A. M.A.A U.K.M. Ouargla

Examineur: M AZIB S. M.C.B U.K.M. Ouargla

Année universitaire : 2021/2022



Remerciements

Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail.

*Nous exprimons nos profonds remerciements à notre promoteur, **M Chaabena A** pour l'aide compétente qu'il nous a apportée, pour sa patience et son encouragement.*

*Nous exprimons notre gratitude à **Mme DJERROUDI O** d'avoir accepté de présider ce jury.*

*Nous remercions **M AZIB S** qui nous a fait l'honneur d'examiner ce travail et de juger.*

En fin à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à notre formation universitaire, nous leur exprimons ici notre profonde reconnaissance et nous leur disons merci plusieurs fois.



 *Dédicaces*

Au nom du Dieu tout puissant

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** qui nous avons donné*

la force pour terminer ce travail

Je dédie ce travail à :

*Mes chers parents **Mostafa** et **Meriem** pour leur amour, et leur encouragement. qu'**ALLAH** leur accorde une longue vie, une bonne santé et les protège*

A mes chères sœurs : ritaje, nesrine et leur enfants Madjed eddine et Noursine

A mes chères frères : Haider et Aiman.

*Aux familles **Debba** et **Boudouh**.*

A mon binôme Benoumena Rafla qui a participé à la réalisation de ce travail.

A tous mes proches

Debba Chafia



Dédicaces

Au nom du Dieu tout puissant

*Avant tout, nous remercions **ALLAH** qui nous avons donné*

la force pour terminer ce travail

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont donné la vie, qui ont éclairé mon chemin par leur grand soutien et leurs encouragements ; à mes très chers parents **Mahrez et Oumkhir** qui se sont sacrifiés pour mon bonheur et ma réussite.*

*A mes chers frères **M. Toufique, A. Rahman** et **M. Adam** et mes chères sœurs **Randa, Chafia** et **Hala** à qui je souhaite le grand bonheur dans leur vie, A mon beau-frère **Fatah**.*

*Et aux petits poussins **Nihal** et **Riham***

*Aux familles **BENOU MENA** et **BERAGHDA**.*

*A mon binôme **Debba Chafia** qui a participé à la réalisation de ce travail.*

A tous ceux qui me sont chers.

A tous ceux qui m'aiment.

BENOU MENA Rafla

Liste des abréviations

ITDAS	Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne.
TG	Taux de Germination.
ANOVA	Analyse de variance.
LMT	Longueur maximale tigelle.
LMR	Longueur maximale radicule.
Cv	Coefficient de vélocité.
TMG	Temps moyen de germination.
TGF	Taux de germination final.
Ni	Nombre des graines germées à la fin du temps d'observation.
NT	Nombre total des graines mises en germination.
Tm	Temps moyen.
N1	Nombre de graines germées au temps T1
N2	Nombre de graines germées au temps T2
Nn	Nombre de graines germées au temps Tn

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Proportions des graines de chaque espèce au niveau des boîtes de Pétri pour les différents traitements.	5
02	Analyse de la variance Variable Taux de germination final (%)	9
03	Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%	9
04	Analyse de la variance (Variable Temps pour 50 % germination (t1/2))	10
05	Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%	10
06	Analyse de la variance (Variable Temps moyen de germination (t) en jours)	12
07	Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%	12
08	Analyse de la variance (Variable Coefficient de vélocité)	13
09	Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%	13
10	Analyse de la variance (Variable Longueur maximale Tigelle (mm))	15
11	Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%	15
12	Analyse de la variance (Variable Longueur maximale Radicule (mm))	16
13	Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%	16

Liste des figures

N°	Titre	page
01	Graines de luzerne.	3
02	Graines de quinoa variété Q 102.	3
03	Disposition des deux espèces au niveau de la boîte de Pétri.	4
04	Boîtes de Pétri pour les tests de germination.	5
05	Mesure des longueurs avec le pied à coulisse.	8
06	Temps pour 50 % germination $t(1/2)$ du quinoa pour les différents traitements.	10
07	Temps moyen de germination (t) du quinoa pour les différents traitements.	11
08	Coefficient de vélocité du quinoa pour les différents traitements.	13
09	Longueur maximale de la tigelle du quinoa pour les différents traitements.	14
10	Longueur maximale de la radicule du quinoa pour les différents traitements.	16
11	Evolution du taux de germination du quinoa en fonction de temps selon des différents traitements.	17
12	Evolution de la vitesse de germination du quinoa en fonction de temps selon des différents traitements.	18

Table des matières

Introduction	1
I- Matériels et méthodes.....	3
1.1- Matériel végétal.....	3
1.2- Matériel utilisé dans l'expérience.....	4
1.3- Méthodologie.....	4
1.3.1- Préparation des graines et mise en germination.....	4
1.3.2- Paramètres étudiés.....	6
1.3.2.1- Taux de germination final.....	6
1.3.2.2- Vitesse de germination.....	7
1.3.2.3- Temps moyen de germination.....	7
1.3.2.4- Coefficient de vélocité.....	7
1.3.2.5- Temps pour 50% de germination.....	7
1.3.2.6- Les longueurs maximales de la racicule et de la tigelle.....	8
1.3.2.7- Analyses statistiques.....	8
II- Résultat et discussion.....	9
2.1- Les Résultats.....	9
2.1.1- Le taux de germination final.....	9
2.1.2- Le temps pour 50% germination($t_{1/2}$).....	9
2.1.3- Les temps moyen de germination (t).....	11
2.1.4- Le Coefficient de vélocité.....	12
2.1.5- Effet des graines de luzerne sur la longueur maximale des plantules.....	14
2.1.5.1- La longueur maximale de la tigelle.....	14
2.1.5.2- La longueur maximale de la racicule.....	15
2.1.6- l'évolution du taux de germination.....	17
2.1.7- l'évolution de la vitesse de germination.....	18
2.2- Discussion.....	18
Conclusion.....	21
Références bibliographiques.....	22

Introduction

Les communautés végétales sont en partie régies par les interactions entre espèces. Il existe deux modalités d'interactions entre les plantes : les relations de facilitation représentant l'effet positif d'une espèce sur d'autres espèces, comme la protection contre l'herbivore et les associations symbiotiques et les interférences négatives, ces dernières peuvent être directes ; c'est-à-dire, de plante à plante (compétition, allélopathie) ou indirectes (attraction ou entretien d'organismes comme les herbivores affectant les plantes voisines) (**BOUTON, 2005**).

L'interaction dynamique entre les plantes voisines est élégamment complexe. Les plantes améliorent ou inhibent la croissance des plantes voisines, même au sein de leur propre espèce (**HANCOCK, 2005**).

Le terme allélopathie a été introduit par (**MOLISCH,1937**) et fait référence à toutes les interactions biochimiques (stimulatrices et inhibitrices) entre les plantes, y compris les micro-organismes. Les exemples de l'allélopathie connus sont très nombreux. On les observe entre plantes-plantes tels que les plantes cultivées, les plantes spontanées ou encore entre ces deux catégories (**POUSSET, 2009**).

RICE et 1974 définissent allélopathie pour inclure seulement des effets nocifs, mais il redéfinit l'allélopathie comme les effets directs ou indirects, nocifs ou bénéfiques d'une plante sur une autre par la production de composés chimiques qui échappent dans l'environnement (**RICE, 1984**).

Ces composés biochimiques sont appelés composés allélochimiques. Ces composés allélochimiques jouent un rôle important dans la compétition aux ressources environnementales que sont l'eau, la lumière et les substances nutritives ; inhibition de la germination des graines proches ou la croissance de plantes voisines ; dans le mécanisme de défense des plantes contre leurs prédateurs, et dans la coopération intra-et interspécifique (**ANAYA, 1999**).

Le sol est le réservoir principal des substances allélochimiques, ces substances sont libérées directement par les exsudats des racines ou par la décomposition de la matière végétale. Celles-ci constituent la source majeure de substances allélochimiques dans la nature (**NARWAL, 2000**).

Certains chercheurs ont déterminé que les plantes de luzerne contiennent des composés phytotoxiques hydrosolubles libérés dans le sol à partir de feuilles, de tiges et des couronnes fraîches, des tissus, ainsi que du foin sec, des vieilles racines et des graines (**NIELSEN et al.,1960 ; KLEIN et MILLER,1980**).

Des recherches physiologiques et biochimiques ont montré que le quinoa est un halophyte facultatif (**SANCHEZ et al., 2003**), 2013 a été déclarée "Année internationale du quinoa" par les Nations unies, dont l'objectif principal était d'appeler l'attention du monde sur la contribution potentielle de ce grain d'or à la sécurité alimentaire (**FAO,2013**).

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), est une plante originaire des hauts plateaux andins. Cultivé par des populations rurales à faible revenu (Bolivie, Pérou, Équateur), il est l'objet d'un important marché d'exportation comme « production biologique » pour les pays développés (en Europe, Amérique du Nord et au Japon). Son succès est lié à la fois à la bonne qualité nutritionnelle de ses graines riches en protéines et équilibrées en acides aminés, à son mode de culture de type biologique (sans engrais chimiques ni pesticides de synthèse) et à son intégration dans une filière de commerce équitable (**RODRIGUEZ CALLE, 2006**).

Le quinoa est une culture qui répond à de nombreuses exigences en matière d'humidité et de température, avec différents écotypes adaptés à différentes conditions (**JACOBSEN et al., 1994**).

La germination est une phase physiologique pendant laquelle la graine passe de l'état de vie ralentie à l'état de vie active (**CABOCHE et al., 1998**). Elle est définie comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer : cela commence par l'étape cruciale d'absorption de l'eau par la graine (**OTHMAN, 2005**), se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire et l'émergence de la radicule à travers les structures qui entourent l'embryon (**SHEREENA et NABEESA, 2006**).

Le présent travail s'intéresse à l'étude de l'interaction entre ces deux espèces : luzerne (*Medicago sativa* L.) et quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) dans le cas où les graines des deux espèces sont mises en germination en même temps.

*Matériels et
méthodes*

Objectif

Notre objectif est d'approcher les interactions des graines de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur les graines du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) et savoir à partir de quel pourcentage cette interaction est importante. Il s'agit de voir s'il y a interaction (positive ou négative) lorsque les graines des deux espèces sont présentes dans le sol en même temps. Ceci, soit qu'on les a plantés volontairement, soit qu'il s'agit d'un précédent cultural involontaire.

1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal retenu dans le cadre de cet essai, comprend :

- Les graines de *Medicago sativa* L. (Luzerne) qui appartiennent à une population locale saharienne récoltée dans la zone de Hassi Ben Abdallah (**fig. 01**).
- Les graines de *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinoa) qui proviennent d'une culture précédente (2018) de la variété Q102 (variété ayant donné de bons résultats dans plusieurs études), au niveau de l'institut technique de développement de l'agronomie saharienne (ITDAS) à Hassi Ben Abdallah (wilaya d'Ouargla) (**fig. 02**).



Figure1 : Les graines de luzerne.



Figure2 : Les graines du quinoa variété Q102

1.2 Matériel utilisé dans l'expérience

Le matériel utilisé pendant notre travail expérimental est :

- Boîte de Pétri
- Eau distillée
- Pied à coulisse
- Papier filtre
- Pince
- Seringue

1.3 Méthodologie

1.3.1 Préparation des graines et mise en germination

Avant la mise en germination :

- Désinfecter les graines à l'eau de javel^{12°} diluée à 1/10 pendant quelques secondes (élimination d'éventuels des champignons).

- Rincer avec l'eau distillée plusieurs fois et laisser à sécher sur papier hygiénique.

- Elles sont mises à germer dans des boîtes de Pétri stériles (en plastique), d'un diamètre de 9cm, tapissées de disques en papier selon le diamètre de la partie principale de la boîte.

- Former un obstacle en papier au milieu de la boîte pour séparer les deux type (espèces) (**fig. 03**).

- Mettre les graines (chaque espèce du côté mentionné ci-dessus) selon les proportions retenues. Pour chaque traitement, répéter 3 fois (**fig. 04**).

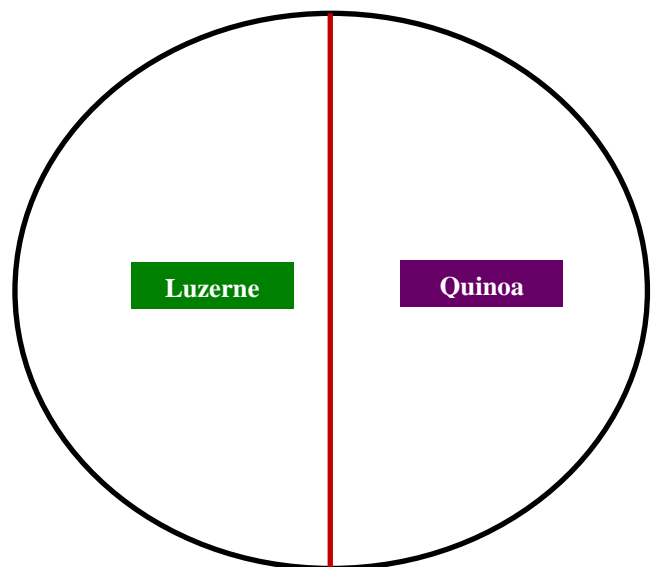


Figure 03 : Disposition des deux espèces au niveau de la boîte de Petri

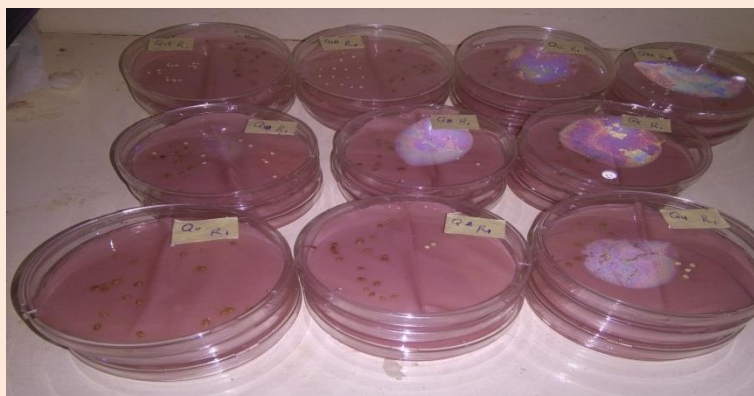


Figure04 : La mise en germination des proportions des graines du quinoa/luzerne

Les proportions retenues sont au niveau du **Tableau 1**.

Tableau1 : Proportions des graines de chaque espèce au niveau des boîtes de Pétri pour les différents traitements.

Traitement		Nombre de graines de Quinoa	Nombre de graines de Luzerne	Proportions des graines du luzerne
T0	× 3	20	0	0 %
T1	× 3	20	2	10%
T2	× 3	20	4	20%
T3	× 3	20	6	30%
T4	× 3	20	8	40%
T5	× 3	20	10	50%
T6	× 3	20	12	60%
T7	× 3	20	14	70%
T8	× 3	20	16	80%
T9	× 3	20	18	90%
T10	× 3	20	20	100%

Il s'agit de mettre les graines de la première espèce (*Medicago sativa* L.) (dont le nombre varie) à germer et en même temps, mettre les graines de la seconde espèce (*Chenopodium quinoa* Willd.) (le nombre est fixe et qui sont suivies) dans la boîte et observer.

Un volume de 5ml d'eau distillée pour tous les lots des graines, puis ont été rajoutés 2 ml selon le besoin durant toute l'expérimentation. Les boîtes de Pétri sont placées à température ambiante ($T_{\text{moy}} = 17^{\circ}\text{C}$ lors de notre expérience).

La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins 2 mm.

Les graines germées ont été comptées quotidiennement jusqu'au 10^{ème} jour après que les graines ont été placées dans les boîtes de Pétri.

1.3.2 Paramètres étudiés

Pour la présente étude, différents paramètres sont retenus dont les différents paramètres de germination :

- ❖ Taux de germination final.
- ❖ Évolution du taux de germination.
- ❖ Évolution de la Vitesse de germination.
- ❖ Temps pour 50% de germination.
- ❖ Coefficient de vélocité.
- ❖ Temps moyen de germination.
- ❖ Les Longueurs maximales de la radicule et de la tigelle.

1.3.2.1. Taux de germination final

Après 10 jours de test, l'expérience est arrêtée et le pourcentage de germination des graines dans chaque boîte de Pétri est déterminé.

Le Taux de germination final (TGF) représente la limite physiologique de germination des graines. Il est exprimé selon la formule ci-dessous :

TGF= nombre de graines germées / nombre total de graines (**CAMARA et al., 2018**).

$$\text{TGF (\%)} = (\text{Ni}/\text{NT}) \times 100$$

Ni : Le nombre des graines germées à la fin du temps d'observation.

NT : Le nombre total des graines mises en germination

1.3.2.2. Vitesse de germination

La vitesse de germination permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine. C'est la différence dans le temps du taux de germination dès l'apparition de la première pointe de la radicule d'une ou des graines jusqu'à la stabilité de la germination, s'exprimant par le taux de germination obtenu à un moment donné. (d'après l'étude de **GUERMIT et MESSOUS ; BAHAZ et DJERID**)

1.3.2.3. Temps moyen de germination

Le temps moyen de germination est déterminé d'après la formule suivante :

$$\text{Temps moyen de germination (en jours)} = \frac{N_1T_1 + N_2T_2 + N_3T_3 + \dots + N_nT_n}{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}$$

Où N_1 est le nombre de graines germées au temps T_1 ; N_2 est le nombre de graines germées au temps T_2 etc.

Le temps moyen de germination (TMG) correspond à l'inverse ($\times 100$) du coefficient de Kotowski (C_v).

1.3.2.4. Coefficient de vélocité

Le coefficient de vélocité est proposé par **KOTOWSKI(1926)** avec un temps moyen de germination (T_m).

$$C_v = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{N_1T_1 + N_2T_2 + N_3T_3 + \dots + N_nT_n} \times 100$$

N_1 : Nombre de graines germées au temps T_1

N_2 : Nombre de graines germées au temps T_2

N_n : Nombre de graines germées au temps T_n

1.3.2.5. Temps pour 50% de germination

C'est le temps nécessaire pour que 50% des graines testées germent (T_{50} ou $T_{\frac{1}{2}}$). Pour certains auteurs (comme **CÔME, 1970**) ce paramètre est le temps moyen de germination.

Durée médiane (T_{50}) = $T_1 + (0.5 - G_1 / G_2 - G_1) \times (T_2 - T_1)$.

Avec : G_1 = pourcentage cumulé des graines germées au temps T_1 dont la valeur est la plus proche de 50 % par valeur inférieure.

G_2 = pourcentage cumulé des graines germées au temps T_2 dont la valeur est la plus proche de 50% par valeur supérieure. (CAMARA *et al.*, 2018).

1.3.2.6. Les longueurs maximales de la radicule et de la tige

Après avoir déterminé le nombre des graines qui ont germés, nous avons mesuré les longueurs maximales de la radicule et de la tige à l'aide d'un pied à coulisse (fig.5).

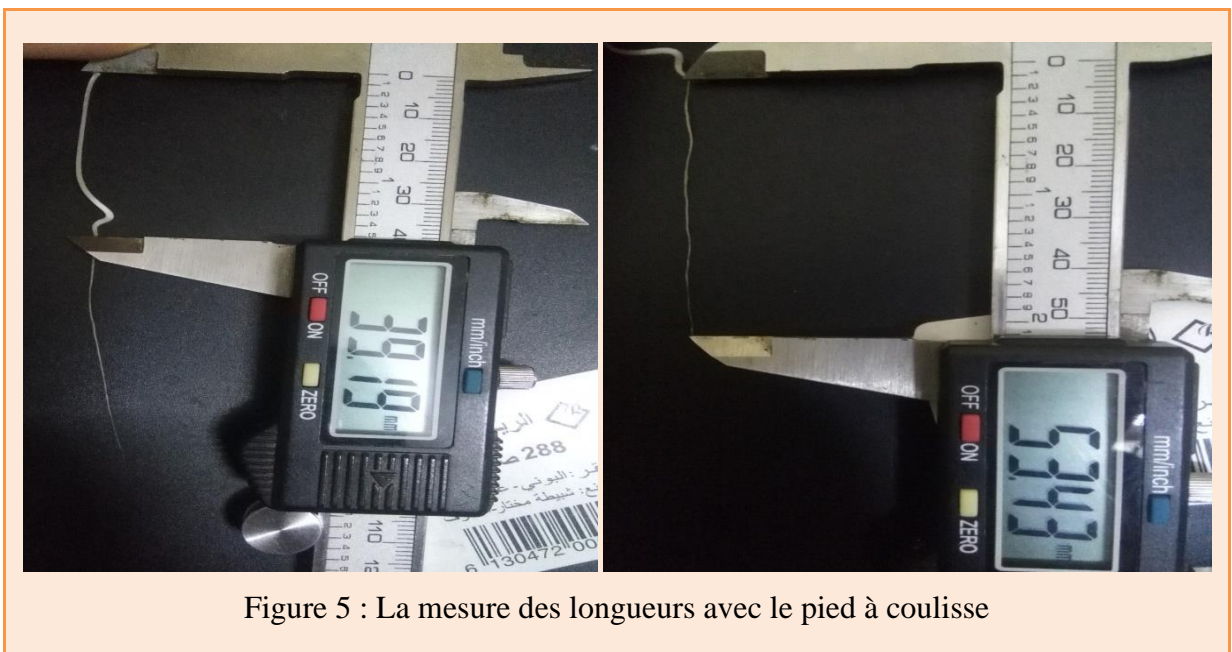


Figure 5 : La mesure des longueurs avec le pied à coulisse

1.3.2.7. Analyses statistiques

Après avoir obtenus les résultats bruts, nous avons utilisé le logiciel XLSTAT (version 2014) pour réaliser une analyse de variance sur les paramètres mesurés.

*Résultats et
discussion*

2.1. Les Résultats

Après 10 jours, nous avons obtenu les résultats de l'effet des graines de luzerne sur la germination et la longueur maximales de la radicule et de la tigelle du quinoa.

2.1.1. Le taux de germination final

Nous avons remarqué que les graines de luzerne ne présentent aucun effet significatif sur le taux de germination du quinoa.

L'analyse de variance (tableaux 02 et 03) montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les traitements, les traitements sont regroupés en un seul groupe A.

Tableau 02 : Analyse de la variance (Variable Taux de germination final (%)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	346,970	34,697	1,018	0,460
Erreur	22	750,000	34,091		
Total corrigé	32	1096,970			

Tableau 03 : Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

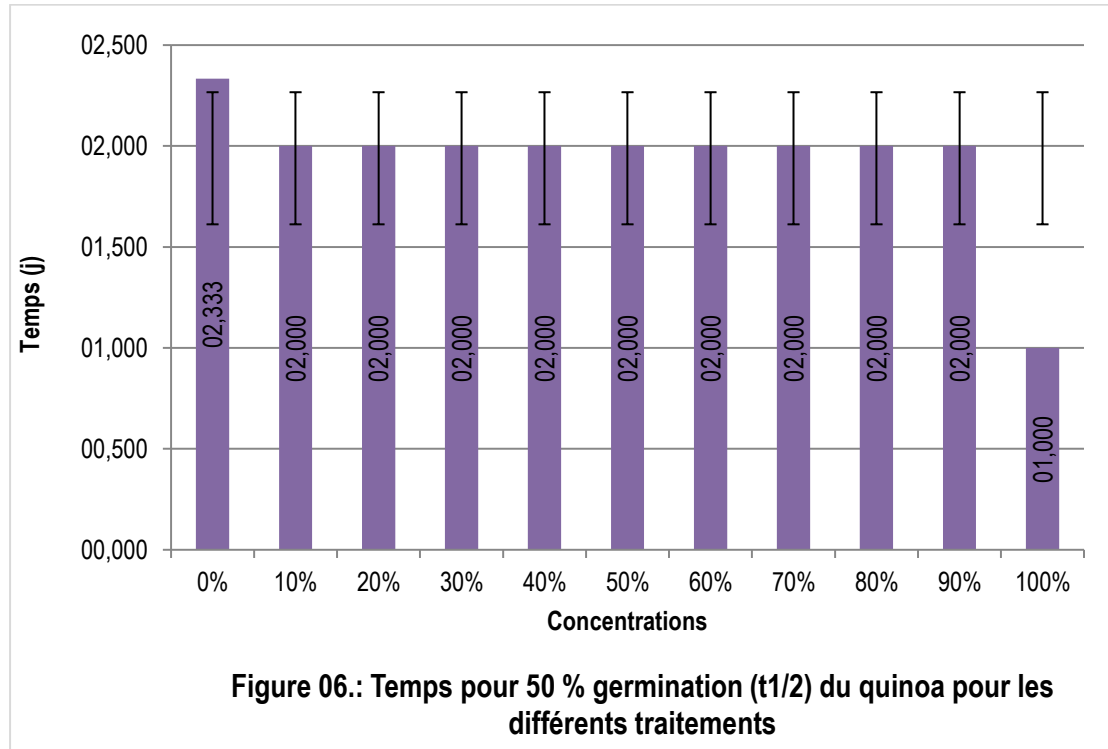
Modalité	Moyenne	Groupes
0,5	95,000	A
0,2	95,000	A
0	93,333	A
0,6	91,667	A
0,1	90,000	A
0,4	90,000	A
0,9	90,000	A
0,3	88,333	A
0,7	88,333	A
0,8	88,333	A
1	83,333	A

En comparant ces résultats au témoin, on note que pour les dix traitements les graines de luzerne ne présentent aucun effet significatif sur le taux de germination du quinoa.

2.1.2 Le temps pour 50% germination($t_{1/2}$)

Nous avons remarqué que le temps pour 50% de germination ($t_{1/2}$) de quinoa le plus élevé 2.33 jours pour les graines qui ne sont pas traitées par les graines de luzerne (le témoin) suivies par le temps pour 50% de germination ($t_{1/2}$) de quinoa de 2

jours pour les 9 traitements 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 et 90%. Et le temps pour 50% de germination le plus bas est de 1 jour pour les graines du traitement 100 % (figure 06).



L'analyse de variance (tableaux04 et 05) montre qu'il ya une différence significative entre les traitements qui sont regroupés en deux groupes homogènes A et B

Tableau 04 : Analyse de la variance (Variable Temps pour 50 % germination (t1/2)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	3,212	0,321	10,600	< 0.0001
Erreur	22	0,667	0,030		
Total corrigé	32	3,879			

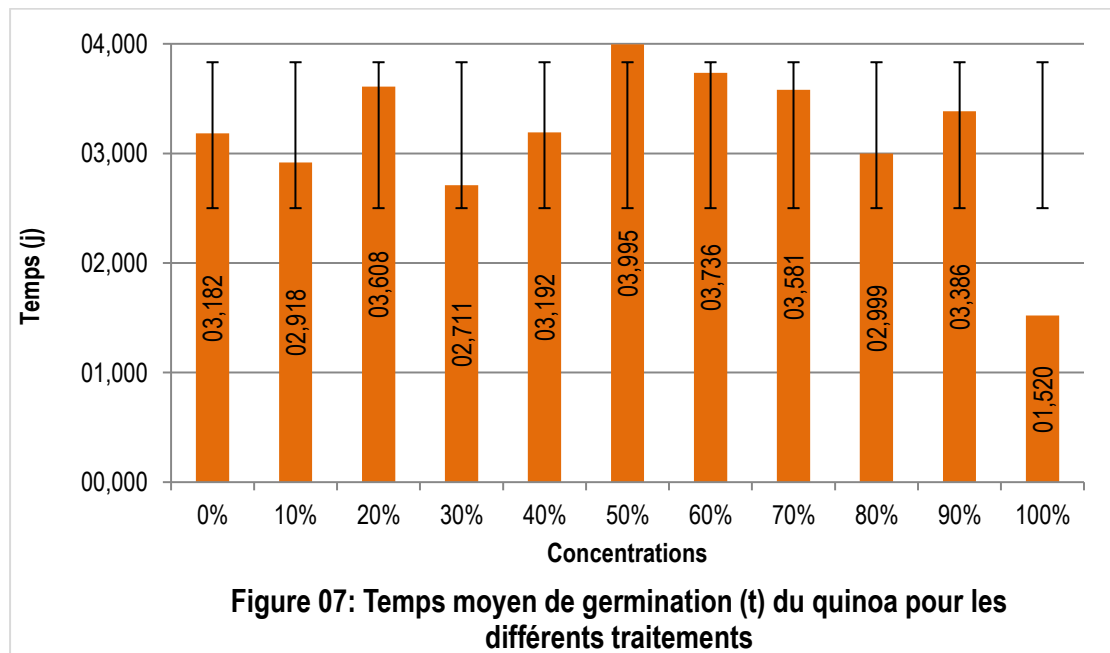
Tableaux 05 : Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Modalité	Moyenne	Groupes
0	2,333	A
0,1	2,000	A
0,7	2,000	A

0,8	2,000	A
0,9	2,000	A
0,2	2,000	A
0,3	2,000	A
0,4	2,000	A
0,5	2,000	A
0,6	2,000	A
1	1,000	B

2.1.3 Le temps moyen de germination (t)

Nous avons remarque que le temps moyen de germination (t) du quinoa le plus élevé est de 3.99 jours pour les graines qui sont traités par le traitement50%, suivies par le temps moyen de germination de3.73 jours pour les graines qui sont traitées par le traitement60 % (figure 07).



Ensuite par le temps moyen de germination de 3.60jours pour les graines qui sont traitées par le traitement 20%. Le temps moyen de germination le plus bas est de 1.52 jours pour les graines qui sont traitées par les graines du traitement 100%.

L'analyse de variance (tableaux06 et 07) montre qu'il ya une différence significative entre les traitements qui sont regroupés en trois groupes homogènes A et B et C et avec un groupe intermédiaire.

Tableau 06 : Analyse de la variance (Variable Temps moyen de germination (t) en jours) :

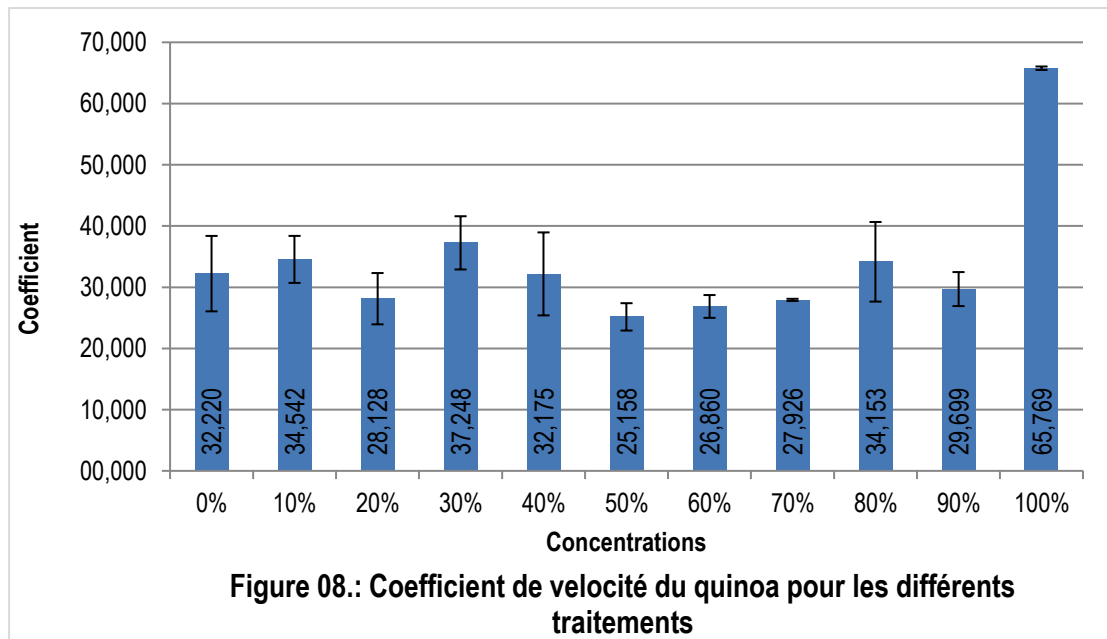
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	13,299	1,330	8,009	< 0.0001
Erreur	22	3,653	0,166		
Total corrigé	32	16,952			

Tableau 07 : Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Modalité	Moyenne	Groupes	
0,5	3,995	A	
0,6	3,736	A	B
0,2	3,608	A	B
0,7	3,581	A	B
0,9	3,386	A	B
0,4	3,192	A	B
0	3,182	A	B
0,8	2,999	A	B
0,1	2,918	A	B
0,3	2,711		B
1	1,520		C

2.1.4 Le Coefficient de vélocité

Nous avons remarque que le coefficient de vélocité le plus élevé est 65.76 pour les graines qui sont traités par le traitement 100%; suivies parle coefficient de vélocité 37.24pour les graines qui sont traitées le traitement30% (figure 08).



Ensuite le coefficient de vitesse de 34.54 pour les graines qui sont traitées par le traitement 10%. Le coefficient de vitesse le plus bas est de 25.15 pour les graines traitées par le traitement 50%.

L'analyse de variance (tableaux 08 et 09) montre qu'il y a une différence significative entre les traitements qui sont regroupés en deux groupes homogènes A et B.

Tableaux 08 : Analyse de la variance (Variable Coefficient de vitesse):

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	3737,072	373,707	21,230	< 0.0001
Erreur	22	387,256	17,603		
Total corrigé	32	4124,329			

Tableau 09 : Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

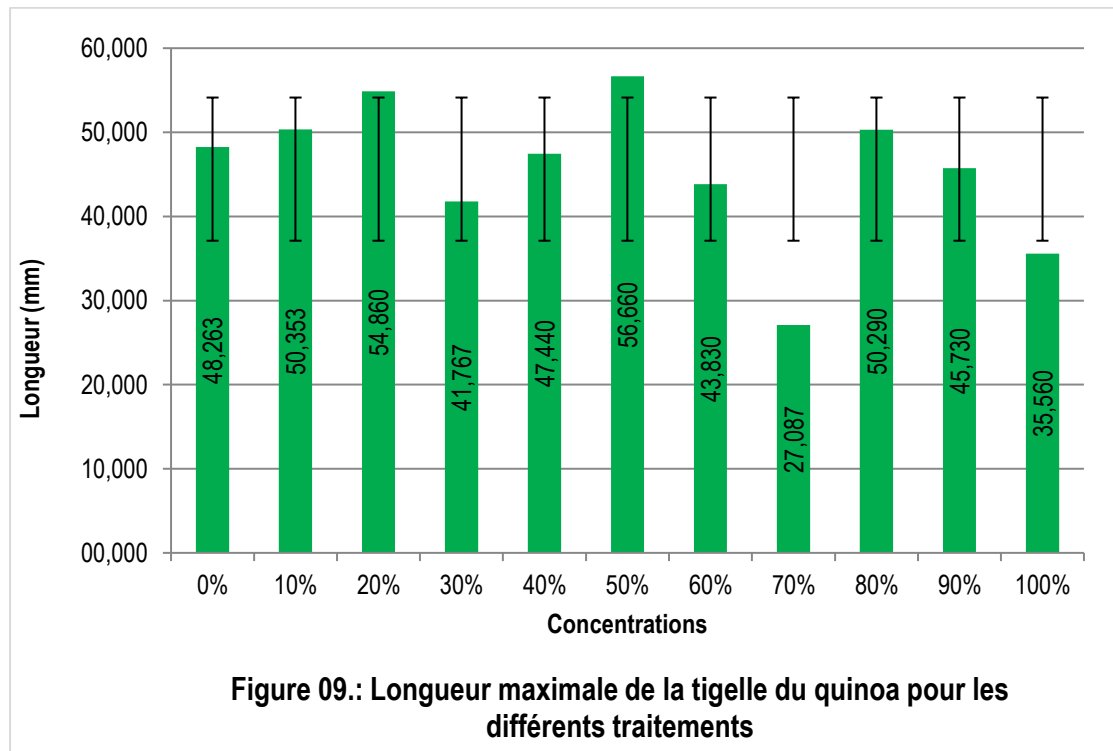
Modalité	Moyenne	Groupes
1	65,769	A
0,3	37,248	B
0,1	34,542	B
0,8	34,153	B
0	32,220	B
0,4	32,175	B

0,9	29,699	B
0,2	28,128	B
0,7	27,926	B
0,6	26,860	B
0,5	25,158	B

2.1.5 Effet des graines de luzerne sur la longueur maximale des plantules

2.1.5.1 La longueur maximale de la tige

Nous avons observé que la valeur élevée de la longueur maximale des tiges est de 56.66 mm pour le traitement 50%, suivie par la longueur maximale de 54.86 mm pour le traitement 20% (figure 09).



La longueur maximale la plus faible par rapport aux autres tiges est 27.08 mm pour le traitement 70%.

L'analyse de variance (tableaux 10 et 11) montre qu'il y a une différence significative entre les traitements qui sont regroupés en deux groupes homogènes A et B et avec un groupe intermédiaire AB.

Tableau 10 : Analyse de la variance (Variable Longueur maximale Tigelle (mm)) :

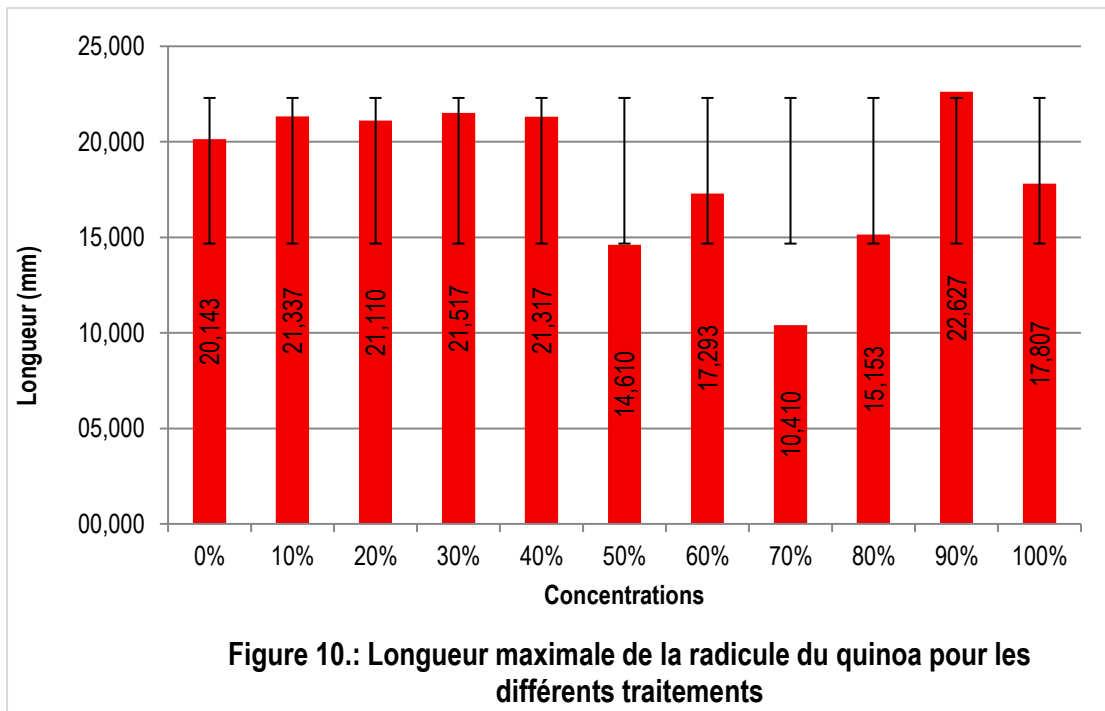
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	2173,574	217,357	3,382	0,008
Erreur	22	1413,897	64,268		
Total corrigé	32	3587,471			

Tableau 11 : Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Modalité	Moyenne	Groupes	
0,5	56,660	A	
0,2	54,860	A	
0,1	50,353	A	B
0,8	50,290	A	B
0	48,263	A	B
0,4	47,440	A	B
0,9	45,730	A	B
0,6	43,830	A	B
0,3	41,767	A	B
1	35,560	A	B
0,7	27,087		B

2.1.5.2 La longueur maximale de la racicule

Nous avons observé que la valeur la plus élevée de la longueur maximale des racicules est de 22.62 mm pour le traitement 90%, suivie par la longueur maximale de 21.51 mm pour le traitement 30% (figure 10).



Et on remarque que la valeur la plus basse de la longueur maximale par rapport aux autres racines est 10.41 mm pour 70%.

L'analyse de variance (tableaux 12 et 13) montre qu'il y a une différence significative entre les traitements. Les traitements sont regroupés en deux groupes homogènes A et B et groupe intermédiaire AB.

Tableau 12 : Analyse de la variance (Variable Longueur maximale Racine (mm)) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	10	435,316	43,532	2,511	0,034
Erreur	22	381,342	17,334		
Total corrigé	32	816,657			

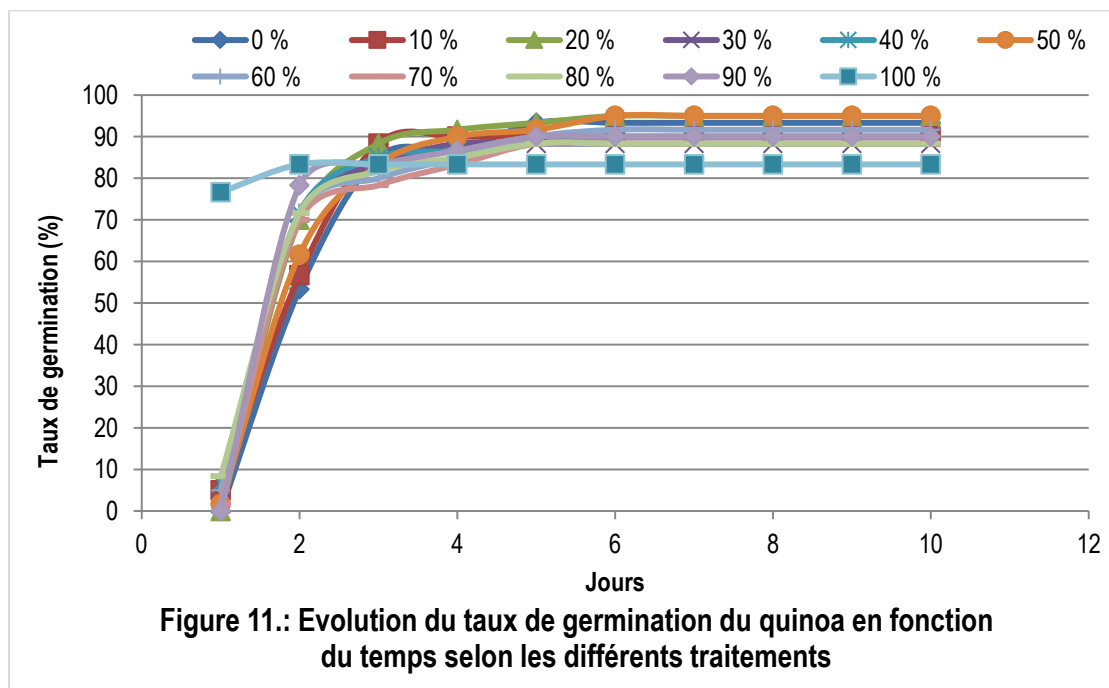
Tableau 13 : Traitement / Tukey (HSD) / Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% :

Modalité	Moyenne	Groupes
0,9	22,627	A
0,3	21,517	A B
0,1	21,337	A B
0,4	21,317	A B

0,2	21,110	A	B
0	20,143	A	B
1	17,807	A	B
0,6	17,293	A	B
0,8	15,153	A	B
0,5	14,640	A	B
0,7	10,410		B

2.1.6 L'évolution du taux de germination :

L'évolution du taux de germination du quinoa correspond aux variations dans le temps (par jour) du taux de germination des grains de quinoa testés, traités par les graines de la luzerne à différents taux. Les résultats sont présentés dans la figure 11.



Sur une durée de 10 jours, nous avons remarqué que la germination commence dès le premier jour pour tous les traitements et les taux varient entre 0% et 8.33%. Le traitement de 100 % est le plus élevé dès le début (76.66%) et par la suite, l'évolution du taux de germination augmente lentement. Par contre, pour les autres traitements, ce taux augmente rapidement entre 53.33% et 78.33%. Et à partir du 3^{ème} jour, l'évolution est très faible pour devenir stationnaire les jours suivants et se rapprocher les 100% de germination.

2.1.7 L'évolution de la vitesse de germination

L'évolution de la vitesse de germination correspond aux variations dans le temps de la vitesse de germination des grains de quinoa et les résultats sont exposés au niveau de la figure 12.

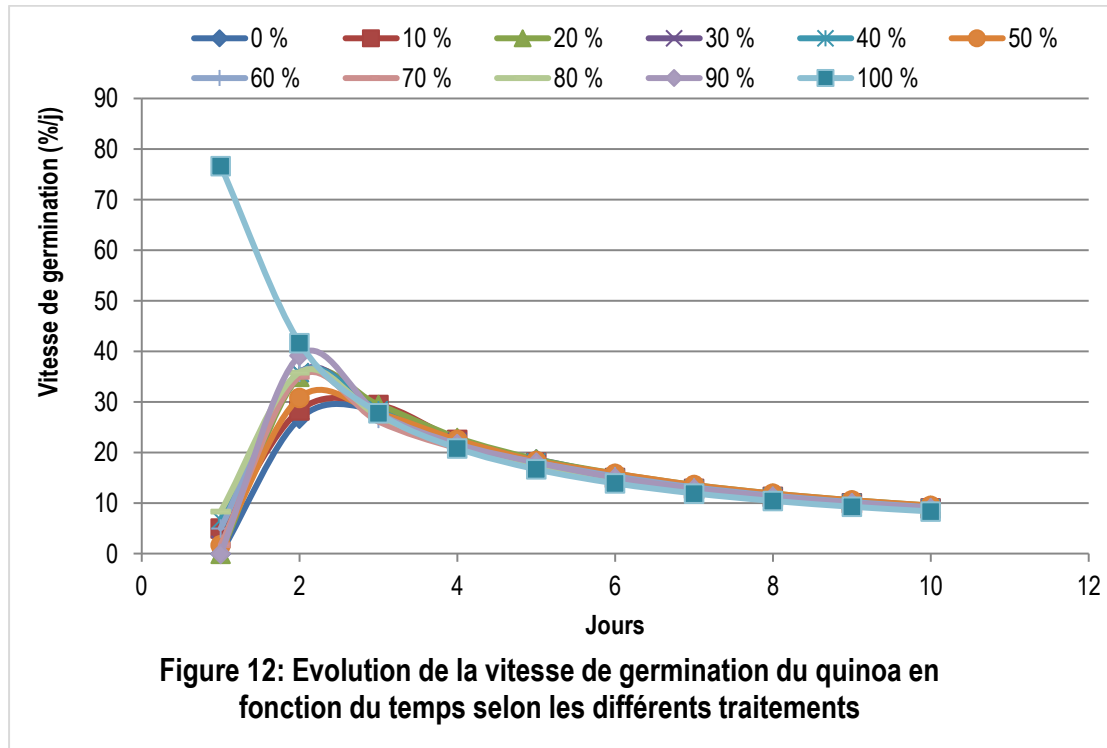


Figure 12: Evolution de la vitesse de germination du quinoa en fonction du temps selon les différents traitements

Après avoir suivi l'évolution de la vitesse de germination des grains des différents lots sur une durée de 10 jours, nous avons remarqué que la vitesse de la germination a été faible dans le premier jour entre 0% et 8.33%, le traitement de 100 % plus rapide que les autres (76.66%), et après dans le deuxième jour nous avons remarqué une diminution de la vitesse pour le traitement 100% jusqu'à 41.66% et augmentation de la vitesse pour les autres traitements entre 26.66 % et 39.16 % et par la suite nous avons remarqué une diminution de la vitesse jusqu'au dixième jour (presque 9%) pour les différents traitements.

2.2 Discussion

Notre travail consiste à étudier les effets de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur la germination de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) aux stades germination et post-germination.

Les résultats que nous avons obtenus montrent que le taux de germination des graines de quinoa diffère Selon le taux de graines de luzerne mise en germination en même temps.

Le phénomène de l'allélopathie est l'interférence chimique d'une ou de plusieurs substances d'une espèce végétale avec la germination, la croissance ou le développement d'autres espèces de plantes. L'allélopathie couvre à la fois des effets d'inhibition et de stimulation. Les substances chimiques synthétisées par les plantes allélopathiques et qui sont impliquées dans ce phénomène sont appelées allelochimiques. Lorsque des plantes sensibles sont exposées aux allélochimiques, la germination, la croissance et le développement peuvent être affectés. Toutefois, l'allélopathie ne se manifeste que lorsqu'une quantité suffisante des substances allélopathiques atteint la graine cible, c'est un effet concentration-dépendant **(BENMEDDOUR,2010)**

La luzerne (*Medicago sativa* L.) semble avoir un effet allélopathique significatif avec des substances toxiques pour elle-même et pour d'autre espèce ayant la capacité d'inhiber la germination et réduire la croissance de plusieurs espèces cultivé et sauvage **(BENSELLAM et al.,2017)**.

Tous les principaux organes de la plante(les racines ,les tiges ,les feuilles ,les fleurs, les graines) ont le potentiel de stocker les composés allélochimiques. En tant que métabolites secondaires, les allélochimiques ne sont pas répartis dans tous les organes de la plante. Ils sont typiquement produits dans un organe, tissu ou type cellulaire spécifique à des stades particuliers du développement (par exemple durant le développement de la graine). Concernant notre espèce utilisée, **(CHUNG et MILLER, 1995a)** ont déterminé que les allélochimiques sont présents dans diverses parties de la luzerne à différentes concentrations.

En plus de l'effet inhibiteur, les molécules allélochimiques peuvent avoir un effet stimulant en favorisant la croissance d'autres plantes. Ces molécules peuvent aussi, dans d'autres cas, être sans effet négatif ou positif **(INDERJIT et KEATING, 1999; RIOTTE, 2010)**.

Les résultats obtenus montrent que les graines germent en absence ou en présence des proportions des graines de luzerne, donc il n'y a aucun effet inhibiteur

sur la germination par rapport aux graines des lots témoins qu'on a observé, et on a observé aucun ralentissement de la germination, et pour toutes les traitements retenues.

Pour la longueur maximale de tigelle des plantules de quinoa, il y a un effet inhibiteur sur la croissance de la tigelle au niveau des lots de 70% et 100% de luzerne par rapport au témoin. Au contraire, un effet stimulant concernant les lots de 20% et 50%. Et pour la longueur maximale de radicule des plantules de quinoa, il y a aussi un effet inhibiteur sur la croissance de la radicule au niveau des lots de 50% et 70% du luzerne par rapport au témoin. Au contraire, un effet stimulant concernant les lots de 90%.

KRUSE et al.(2000) ont aussi montré que l'effet des substances allélochimiques se manifeste par des variations morphologiques qui sont observées le plus souvent aux premiers stades de développement (des effets sur l'allongement de la tigelle et de la radicule).

Et une étude menée par (**KOLOREN,2007**), en appliquant différentes concentrations d'extrait aqueux des feuilles et des racines de *Medicago sativa* L.sur quatre adventices et détecté comme résultat que l'augmentation de la concentration (de 5 à 50%) il y a une inhibition dans la germination et la longueur des racicules de toutes les plantes testées.

Et suite aux travaux de (**BOUNACEUR et CHEBOUAT,2020**), nous retenons que les extraits aqueux de la luzerne ne présentent aucun effet inhibiteur sur la croissance et le développement du quinoa (la hauteur des plantules, le nombre des feuilles et le poids frais et sec des plantules), donc il n'y aurait pas d'effet toxique de la luzerne ou que ces molécules n'affectent pas ces paramètres pour toutes les concentrations retenues.

Alors que (**EI-DARIER et ZEIN EI-DIEN2011**) ont trouvé que l'extrait aqueux de la luzerne, à des concentrations plus élevées, a supprimé la germination, la croissance des racines et des pousses et l'assimilation des éléments nutritifs des plantules de tomate.

Conclusion

Ce travail réalisé a permis d'avoir certaines données sur les interactions entre les graines du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) et les graines de la luzerne (*Medicago sativa* L.) aux stades germination et post-germination, à travers certains paramètres morpho-physiologiques de germination (le taux de germination final, le temps moyen de germination, le coefficient de vélocité ainsi que la longueur maximale de la tigelle et la longueur maximale de la radicule).

Nous pouvons conclure, à ce stade et pour nos conditions d'expérimentation, que :

Le phénomène de l'allélopathie dépend comme dans d'autres études, de la concentration des substances allélochimiques, du stade de croissance et de la tolérance génétique à la toxicité de l'espèce testée.

En général, les composés allélopathiques (allélochimiques) de la luzerne peuvent être utilisés pour préparer des produits naturels alternatifs complémentaires aux herbicides chimiques pour minimiser les risques et les impacts sur la santé humaine, animale, l'environnement et la biodiversité.

Il y a donc un besoin d'études supplémentaires pour compléter ce travail comme l'utilisation d'autres variétés, l'application d'autres pourcentages des traitements, et d'autres stades de développement de la plante.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- **ANAYA A.L. (1999).** Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agro ecosystems. *Critical Review in Plant Sciences* 18, 697-739.
- **BENMEDDOUR T.(2010).** Etude du pouvoir allélopathique de l'Harmel(*Peganumharmala* L.), le laurier rose (*Neriumoleander* L.) et l'ailante (*Ailanthusaltissima* (Mill.) Swing.) sur la germination de quelques mauvaises herbes des céréales :p68
- **BENSELLAM et HASSANE E. (2017).** Effet allélopathique des extraits de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur le souchet (*Cyperus rotundus* L.) et le chiendent (*Cynodondactylon*(L.) Pers. *Revue Marocaine de Protection des plantes*,1(11).
- **BOUNACEUR A. et CHEBOUAT K. (2020).** Approche de l'effet allélopathique de la luzerne(*Medicago sativa* L.) sur la croissance et le développement du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)
- **BOUTON F. (2005).** Mise en évidence du potentiel allélopathiques de la graminée *FestucaPanuculatadans* les prairies subalpines. Rapport de stage de master 01 sciences du vivant-biodiversité écologie environnement, Univ. Joseph Fourier de biologie. 1-18p.
- **CABOCHE M. and DUBREUSQU B. and GRAPPIN P. and LEPINICE L. andNesi .N. (1998).** La germination vient en dormant. *Bio futur* 175 : 32- 35.
- **CAMARA B. et SANOGO S. et CHERIF M. et KONE D. (2018).** Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine maxet Vignaunguiculata*)
- **CHUNG I.M. et MILLER A.D. (1995).** Effect of Alfalfa Plant and Soil Extracts on Germination and Growth of Alfalfa. *Agronomy Journal*,87. 10.2134
- **CÔME D. (1970).** Les obstacles à la germination (monographie et physiologie végétale). Ed. Masson et Cie (Paris), 162p.
- **EI-DARIER S.M. and ZEIN EI-DIEN M.H. (2011).** Biological activity of *Medicago sativa* L. (alfalfa) residues on germination efficiency, growth and nutrient uptake of *Lycopersicon esculentum* L. (tomato) seedlings.

- **FAO (food and agriculture organisation).(2013)** . Quinoa année Internationale
<http://www.fao.org/quinoa-2013/faqs/fr/>.
- **HANCOCK D.W.(2005)**.Auto toxicity in Alfalfa (*Medicago sativa* L.): Implications for Crop Production. University of Kentucky, Lexington KY, pp 1–17
- **INDERJIT et KEATING K.I. (1999)**.Allelopathy: Principles, Procedures, Processes and Promises for Biological Control, Advances in Agronomy. Vol 67 : 141-231.
- **JACOBSEN S.E. and JØRGENSEN I. And STØLEN O. (1994)**. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. The Journal of Agricultural Science 122(01), 47.
- **KLEIN R.R. and MILLER D.A. (1980)**. Allelopathy and its role in agriculture,communications in soil science and plant analysis 11:1, 43-56
- **KOLOREN O. (2007)**. Allélopathic effects of *Medicago sativa*L. And *Vicia cracca* L.leaf and Root extracts on weeds
- **KRUSE M. and STRANDBERG And STRANDBERG B.(2000)**. Ecological Effects of Allelopathic Plants: a Review. NERI Technical Report No. 315. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. 66p.
- **MOLISCH H. (1937)**. Der Einflusseinerpflanze auf die and ere-allélopathie. Fischer (Jena) Jena, G.O.R.
- **NARWAL S.S. (2000)**. Allelopathy in Ecological Agriculture. In Proceedings of the III International Congress on Allelopathy in Ecological Agriculture and Forestry, 18-21 August 1998, Dharwad, India. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 11-32.
- **NIELSON K.F. and CUDDY T.F. and WOODS W.B. (1960)**. The influence of the extracts of some crops and soil residues on germination and growth. Can. J. Plant Sci., 40:188- 197
- **OTHMAN Y. (2005)**. Evaluation of barley cultivars grown in Jordan for salt tolerance. Thesis, Jordan University of Science and Technology, Jordan.
- **POUSSET J. (2009)**. Agriculture naturelle : Face aux défis actuels et à venir, pourquoi et comment généraliser une pratique agricole "naturelle" productive Agridécisions, Paris. p. 155.

- **RICE E.L. (1984).** Allelopathy Academic, New York.
- **RICE E.L. (1974).** Allelopathy Academic, New York.
- **RIOTTE L. (2010).** Les Tomates Aiment les Carottes, Les Secrets du Bon Voisinage des Plantes dans Votre Jardin. Edisud.

- **RODRIGUEZ CALLE (2006).**" Modélisation de la culture du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), en vue de choix des variétés adaptées à chaque région de l'Altiplano Bolivien, p1.
- **SHEREENA J. and NABEESA S. (2006).** Effect of temperature on protein profile of *Pisum sativum* L. seeds during germination. Journal of Biological Sciences 6: 1153-1155.
- **SANCHEZ H.B. LEMEUR R. DAMME P.V. JACOBSEN S.E. (2003).** Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Reviews International 19(1-2) :111–119.

المخلص: تأثيرات نسب مختلفة من بذور البرسيم الحجازي على إنبات وبعد إنبات بذور الكينوا: حالة إنبات في نفس الوقت

الكينوا (*Chenopodium quinoa Willd*) نبات ملحي ، وتتم زراعته بنجاح تجاريًا . بقدر ما تعتبر الفصة (*Medicago sativa L*) من البقوليات ذات أهمية كبيرة للأعلاف في الجزائر.

يركز هذا العمل على دراسة آثار إنبات بذور البرسيم الحجازي على بذور الكينوا في مرحلتي الإنبات وما بعد الإنبات .

أظهرت نتائج هذه التجربة عدم وجود تأثير معنوي لبذور الفصة على الإنبات نفسه ولكن على العوامل المتعلقة بالإنبات وما بعد إنبات بذور الكينوا.

الكلمات المفتاحية: الفصة، الكينوا، الإنبات، التضاد البيوكيميائي، بعد الإنبات

Résumé : Effets de différentes proportions de graines de luzerne sur la germination et post-germination des graines de quinoa : Cas de la mise en germination en même temps

Le quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) est une halophyte, sa culture connaît un grand succès commercial. Autant que la luzerne (*Medicago sativa L.*) est une Fabaceae d'une grande importance fourragère en Algérie.

Le présent travail porte sur l'étude des effets des graines de la luzerne en germination sur les graines du quinoa aux stades germination et post-germination.

Les résultats de cette expérience ont montré que les graines de la luzerne ne présentent aucun effet significatif pour la germination elle-même mais sur les paramètres liés à la germination et pour la post germination des graines du quinoa.

Les mots clés : Luzerne, Quinoa, Germination, Allélopathie, Post-germination.

Abstract : Effects of different proportions of alfalfa seeds on germination and post-germination of quinoa seeds: Case of germination at the same time

Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) Is a halophyte, culture knows a great commercial success. As much as alfalfa (*Medicago sativa L.*) is a Fabaceae of great importance forage in Algeria.

This work focuses on the study of the effects of germinating alfalfa seeds on quinoa seeds at the germination and post-germination stages.

The results of this experiment showed that alfalfa seeds show no significant effect for germination it self but on the parameters related to germination and for the post germination of quinoa seeds.

Keywords: Alfalfa, Quinoa, Germination, Allelopathy, Post germination