

**UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA**

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques



**Mémoire en vue de l'obtention du diplôme**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine :** Science de la Nature et de la Vie

**Filière :** Sciences Biologiques

**Spécialité :** Biotechnologie végétale

**Présenté par :** BHAZ Theldja et DJERID Nadjia

*Thème :*

**Interactions entre les graines de la luzerne  
(*Medicago sativa* L.) et les graines du quinoa  
(*Chenopodium quinoa* Willd.) aux stades  
germination et post-germination**

**Soutenu publiquement**

**Le :** /09/2021

**Devant le jury :**

<b>Présidente :</b>	<b>Melle SALHI N.</b>	<b>Pr.</b>	<b>U.K.M. OUARGLA</b>
<b>Promoteur :</b>	<b>Mr CHAABENA A.</b>	<b>M.A.A</b>	<b>U.K.M. OUARGLA</b>
<b>Examinatrice :</b>	<b>Mme DJERROUDI O.</b>	<b>M.C.A</b>	<b>U.K.M. OUARGLA</b>

**Année universitaire : 2020/2021**




## *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions ALLAH qui nous avons donné la force pour terminer ce travail.*

*Nous commençons par remercier du fond du cœur Mr CHAABENA AHMED enseignant au Département des Sciences Biologiques à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université KASDI MERBAH-Ouargla, pour son optimisme, sa patience, son encouragement continu et aussi d'être toujours là pour nous aider et nous guider à retrouver le bon chemin par son sagesse et ses précieux conseils, qu'il accepte nos sincère remerciements et l'expression de notre profond respect.*

*Merci aussi à la présidente du jury de soutenance. SALHI Nesrine et à l'Examinatrice Mme DJERROUDI Ouiza, tous nos remerciements pour avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.*

*Je remercie enfin tous ceux qui m'ont rendu service et qui ont contribué de près ou de loin pour accomplir ce travail.*



# *Liste des abréviations*

**TG** : Taux de Germination

**ANOVA** : Analyse de variance

**ITDAS** : Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne

**LMT** : Longueur maximale tigelle

**LMR** : Longueur maximale radicule

**Cv** : Coefficient de vélocité

**TMG** : Temps moyen de germination

**TGF** : Taux de germination final

# *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1</b> : Proportions des graines de chaque espèce au niveau des boîtes de Petri pour les différents traitements.....	6
<b>Tableau 2</b> : Analyse de la variance de la variable longueur maximale de la tigelle de la luzerne (mm).....	14
<b>Tableau 3</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 1 (temps de semis) pour la variable longueur maximale de la tigelle de la luzerne (mm). ....	14
<b>Tableau 4</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 2 (taux de grains de quinoa) pour la variable longueur maximale de la tigelle de la luzerne (mm). ....	14
<b>Tableau 5</b> : Analyse de la variance de la variable longueur maximale Radicule de la luzerne (mm).....	16
<b>Tableau 6</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable longueur maximale Radicule de la luzerne (mm).....	16
<b>Tableau 7</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable longueur maximale Radicule de la luzerne (mm).....	17
<b>Tableau 8</b> : Analyse de la variance de la variable coefficient de vitesse. ....	19
<b>Tableau 9</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable coefficient de vitesse. ....	19
<b>Tableau 10</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable coefficient de vitesse. ....	20
<b>Tableau 11</b> : Analyse de la variance de la variable Temps moyen de germination (t) en jour.....	22
<b>Tableau 12</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable Temps moyen de germination.....	22
<b>Tableau 13</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable Temps moyen de germination.....	23
<b>Tableau 14</b> : Analyse de la variance de la variable Taux de germination final (%). ....	25
<b>Tableau 15</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable Taux de germination final.....	25
<b>Tableau 16</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable Taux de germination final.....	26
<b>Tableau 17</b> : Analyse de variance de la variable Longueur maximale tigelle du quinoa (mm). ....	31
<b>Tableau 18</b> : Test de Newman-Keuls du Traitement 1 pour la variable Longueur maximale tigelle du quinoa .....	32
<b>Tableau 19</b> : Test de Newman-Keuls du Traitement 2 pour la variable Longueur maximale tigelle du quinoa .....	32
<b>Tableau 20</b> : Analyse de la variance de la variable Longueur maximale radicule du quinoa (mm). ....	34
<b>Tableau 21</b> : Test de Newman-Keuls du Traitement 1 pour la variable Longueur maximale radicule du quinoa. ....	34

<b>Tableau 22</b> : Analyse de la variance de la variable coefficient de velocity. ....	37
<b>Tableau 23</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable coefficient de vélodité. ....	37
<b>Tableau 24</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable coefficient de velocity. ....	38
<b>Tableau 25</b> : Analyse de la variance de la variable Temps moyen de germination (t) en jour.....	40
<b>Tableau 26</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable Temps moyen de germination.....	40
<b>Tableau 27</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable Temps moyen de germination.....	41
<b>Tableau 28</b> : Analyse de la variance de la variable Taux de germination final (%). ....	43
<b>Tableau 29</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable Taux de germination final.....	43
<b>Tableau 30</b> : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable Taux de germination final.....	44

# *Liste des figures*

<b>Figure 1</b> : Les graines de luzerne (BAHAZ et DJERID, 2021).....	4
<b>Figure 2</b> : Les graines du quinoa variété Q102 (BAHAZ et DJERID, 2021). ....	4
<b>Figure 3</b> : Disposition des deux espèces au niveau de la boîte de Petri .....	5
<b>Figure 4</b> : Les boîtes de Petri pour les tests de germination (BAHAZ et DJERID, 2021)...	6
<b>Figure 5</b> : La mesure des longueurs avec le pied à coulisse.....	12
<b>Figure 6</b> : Variation de la longueur maximale de la tige de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa.....	15
<b>Figure 7</b> : Variation de longueur maximale de la racine de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa.....	18
<b>Figure 8</b> :Coefficient de vitesse de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa. ....	21
<b>Figure 9</b> : Temps moyen de germination de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa.....	24
<b>Figure 10</b> : Taux de germination final de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa.....	27
<b>Figure 11</b> :Analyse factorielle discriminante de l'effet de l'intervalle de temps de semis des graines de quinoa sur la luzerne (a : Cercle de corrélations des variables sur le plan 1-2 ; b : Barycentres et ellipses des modalités).....	29
<b>Figure 12</b> : Analyse factorielle discriminante de l'effet du taux des graines de quinoa sur la luzerne (a : Cercle de corrélations des variables sur le plan 1-2 ; b : Barycentres et ellipses des modalités).....	31
<b>Figure 13</b> : Variation de longueur maximale tige de quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne. ....	33
<b>Figure 14</b> : Variation de longueur maximale de la racine de quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne.....	36
<b>Figure 15</b> : Coefficient de vitesse de quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne.....	39
<b>Figure 16</b> : Temps moyen de germination de quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne. ....	42
<b>Figure 17</b> : Taux de germination final de quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne.....	45
<b>Figure 18</b> : Analyse factorielle discriminante de l'effet de l'intervalle de temps de semis des graines de luzerne sur le quinoa (a : Cercle de corrélations des variables sur le plan 1-2 ; b : Barycentres et ellipses des modalités).....	47
<b>Figure 19</b> : Analyse factorielle discriminante de l'effet du taux des graines de luzerne sur le quinoa (a : Cercle de corrélations des variables sur le plan 1-2 ; b : Barycentres et ellipses des modalités).....	49

# *Table des matières*

<b>Remerciements</b> .....	<b>2</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>3</b>
<b>Liste des tableaux</b> .....	<b>4</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>9</b>
I.1. Matériel .....	4
I.1.1 Matériel végétal .....	4
I.1.2. Matériel utilisé dans l'expérience .....	5
I.2. Méthodologie .....	5
I.2.1. Préparation des graines et mise en germination .....	5
I.2.2. Paramètres étudiés .....	10
I.2.2.1. Taux de germination final .....	10
I.2.2.2. Vitesse de germination .....	11
I.2.2.3. Temps moyen de germination .....	11
I.2.2.4. Coefficient de vélocité .....	11
I.2.2.5. Temps pour 50% de germination .....	12
I.2.2.6. Les longueurs maximales de la radicule et de la tigelle .....	12
I.2.2.7. Analyses statistiques .....	12
II.1. Résultats .....	13
II.1.1. Effets du quinoa sur la luzerne .....	13
II.1.1.1. Longueur maximale tigelle de la luzerne .....	13
II.1.1.2. Longueur maximale de la radicule de la luzerne .....	16
II.1.1.3. Coefficient de vélocité pour la luzerne : .....	19
II.1.1.4. Temps moyen de germination pour la luzerne .....	22
II.1.1.5. Taux de germination final pour la luzerne .....	25
II.1.1.6. Analyse factorielle discriminante de l'effet de l'intervalle de temps de semis des graines de quinoa sur la luzerne .....	28
II.1.1.7. Analyse factorielle discriminante de l'effet du taux des graines de quinoa sur la luzerne .....	29
II.1.2. Effets de la luzerne sur le quinoa .....	31
II.1.2.1. Longueur maximale tigelle du quinoa .....	31
II.1.2.2. Longueur maximale de la radicule du quinoa .....	34
II.1.2.3. Coefficient de vélocité pour le quinoa .....	37

II.1.2.4. Temps moyen de germination pour le quinoa .....	40
II.1.2.5. Taux de germination final pour le quinoa .....	43
II.1.2.6. Analyse factorielle discriminante de l'effet de l'intervalle de temps de semis des graines de luzerne sur le quinoa.....	46
II.1.2.7. Analyse factorielle discriminante de l'effet du taux des graines de luzerne sur le quinoa .....	47
II.2. Discussion .....	50
II.3. Conclusion .....	55
<b>Références bibliographiques</b> .....	<b>57</b>



# *Introduction*

Les interactions entre organismes sont largement reconnues comme des éléments essentiels à notre compréhension de la diversité observée à travers le monde (**DANET, 2017**). L'interaction dynamique entre les plantes voisines est d'une élégance complexe. Les plantes améliorent ou inhibent la croissance des plantes voisines, même au sein de leur propre espèce. Souvent, quand les ressources sont rares, la survie dépend de la capacité d'une plante à interférer avec la capacité de croissance d'une voisine proche, donnant ainsi à la plante un avantage concurrentiel (**RICE, 1984**).

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 les herbivores (en abritant l'espèce menacée) ou les associations symbiotiques. Les interférences négatives 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**).

Le terme allélopathie a été introduit par **MOLISCH (1937)**, à partir de deux des mots : «Allelo» et «pathy» signifiant «dommage mutuel», exprimant qu'un phénomène naturel d'une plante libère une substance inhibitrice qui entrave la croissance d'une autre plante partageant le même habitat (**CHOU, 2006**). **RICE (1984)** a en outre défini l'allélopathie comme tout effet direct ou indirect, nocif ou bénéfique d'une plante en tant que plante donneuse sur une autre en tant que plante receveuse par la production de composés chimiques qui s'échappent dans l'environnement à la fois stimulants et inhibiteurs d'une plante sur une autre, y compris des micro-organismes (**CHON et al., 2004**).

Enfin, la définition de l'allélopathie confirmée par la société internationale d'allélopathie en 1996 signifiait : « *tout processus impliquant des métabolites secondaires produits par des plantes, des algues, des bactéries et des champignons qui influence la croissance et le développement des systèmes agricoles et biologiques* ». En d'autres termes, les composés allélopathiques peuvent réguler la croissance et le développement des plantes, impliquant la photosynthèse, la respiration, la transpiration, le métabolisme biochimique et même la base moléculaire de la synthèse des protéines et des acides nucléiques (**CHOU, 2006**).

Lorsqu'une plante produit des composés allélopathiques qui nuisent à l'établissement de nouveaux semis de la même espèce, l'effet est appelé autotoxicité qui est une forme d'allélopathie intraspécifique spécialisée (**CHON et al., 2009**).

L'allélopathie et l'autotoxicité jouent un rôle important en écologie et en agriculture, en particulier dans le contrôle des mauvaises herbes, les rotations des cultures et le rétablissement des cultures (**CHON, 2004**).

La luzerne (*Medicago Sativa* L.) appartenant à la famille des Fabacées, est une plante pérenne largement répandue, hermaphrodite, à pollinisation autogame/allogame, résistante à la sécheresse et aussi c'est une plante fourragère par excellence (**MESSIOUGH, 2016**).

La luzerne cultivée ainsi que les sous-espèces étroitement apparentées sont originaires d'Asie mineure, de Transcaucasie, du Turkménistan et d'Iran. L'espèce pousse à l'état endémique dans tout le Bassin méditerranéen, en Afrique du Nord, au Moyen-Orient, dans la plus grande partie de l'Europe, en Sibérie, dans le nord de l'Inde et en Chine (**IVANOV, 1988 ; MICHAUD et al., 1988 ; QUIROS et BAUCHAN, 1988**).

En Algérie, pour la période 1995 à 1997, la superficie consacrée à la luzerne pérenne *Medicago sativa*. L. se situe entre 0.37 et 0.71% de la superficie réservée aux cultures fourragères. Par rapport aux cultures herbacées sa superficie représente entre 1.86 et 3.03% pour la même période En Algérie, pour la période 1995 à 1997, la superficie consacrée à la luzerne pérenne (**CHAABENA, 2001**).

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en tant que plante autogame appartient à la famille des Amaranthaceae et est principalement cultivé dans l'Altiplano et les zones arides de la région andine d'Amérique du Sud bien qu'il soit actuellement cultivé sur tous les continents, il présente également une grande adaptabilité à des altitudes allant de 0 à 4000 m, c'est-à-dire des environnements froids, tempérés et chauds (conditions écologiques extrêmes) (**CECCATO et al., 2011 ; DEL CASTILLO et al., 2008 ; BAZILE et al., 2014**).

Le quinoa est actuellement considéré comme l'une des cultures céréalières les plus importantes, principalement en termes de composition en acides gras des huiles de graines (**ANDO et al., 2002**).

La germination met en jeu des modifications morphologies et physiologies complexes ; lorsque la semence est placée dans le sol, à condition que la teneur en eau de son environnement soit suffisante, elle se réhydrate et consomme de l'oxygène pour oxyder ses réserves en vue d'acquies l'émergence nécessaire (**BENIDIRE et al., 2015**). La perméabilité du tégument déclenche des modifications hormonales, qui vont aboutir à des

réactivations des enzymes permettant le début de mobilisation des réserves de l'albumen (SOLTNER, 2007).

La germination n'est possible que si certaines conditions sont réunies, les unes intrinsèques et liées à l'état de la semence, les autres extrinsèques et en rapport avec le milieu ambiant (GUYOT, 1978).

Dans cette optique, notre travail a pour objectif d'aborder les interactions entre les graines de la luzerne (*Medicago sativa* L.) et les graines du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) aux stades germination et post-germination. Nous nous proposons des paramètres morpho-physiologiques de germination comme la longueur maximale de la tigelle, la longueur maximale de la radicule, ainsi que le coefficient de vélocité, le temps moyen de germination et le taux de germination final.

Ce manuscrit sera divisé en deux chapitres :

- Le premier chapitre de ce mémoire illustre l'expérimentation qui décrit le matériel biologique et les méthodes utilisées dans notre étude.
- Le second chapitre portera sur les résultats obtenus ainsi que leur discussion et on termine enfin par une conclusion et des perspectives.

*Matériels et  
Méthodes*

## Objectif

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

## I.1. Matériel

### I.1.1 Matériel végétal

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

- Les graines de *Medicago sativa* L. (Luzerne) appartiennent à une population locale saharienne récoltée dans la zone de Hassi Ben Abdallah (**fig. 1**).
- Les graines de *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinoa) 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. 2**).



**Figure 1 : Les graines de luzerne (BAHAZ et DJERID, 2021).**



**Figure 2 : Les graines du quinoa variété Q102 (BAHAZ et DJERID, 2021).**

### **I.1.2. Matériel utilisé dans l'expérience**

Le reste du matériel utilisé pendant notre travail expérimental est :

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

## **I.2. Méthodologie**

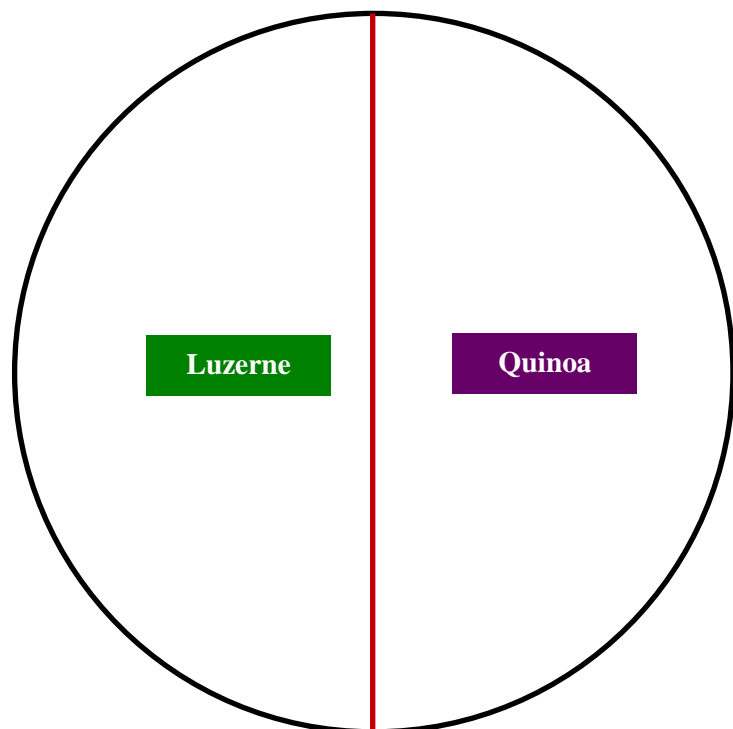
### **I.2.1. Préparation des graines et mise en germination**

Avant la mise en germination, les graines sont désinfectées à l'eau de javel 12° diluée à 1/10 pendant quelques secondes (élimination éventuels des champignons), puis rincées avec l'eau distillée plusieurs fois et laissées à sécher sur papier hygiénique.

Ensuite, elles sont mises à germer dans des boîtes de Petri stériles de 9 cm de diamètre tapissées de disques en papier selon le diamètre de la partie basale de la boîte.

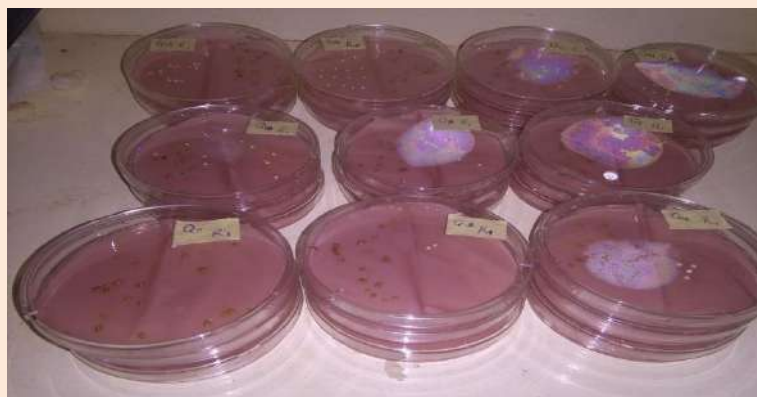
Former un obstacle en papier au milieu de la boîte pour séparer les deux espèces (**fig. 3**).

Mettre les graines (chaque espèce du côté mentionné au fond) selon les proportions retenues



**Figure 3 : Disposition des deux espèces au niveau de la boîte de Petri**

Pour chaque traitement, répéter 3 fois (fig. 4)



**Figure 4 : Les boîtes de Petri pour les tests de germination (BAHAZ et DJERID, 2021).**

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

**Tableau 1 :** Proportions des graines de chaque espèce au niveau des boîtes de Petri pour les différents traitements.

Traitement 2	Nombre de graines de Luzerne	Nombre de graines de Quinoa	Taux (%)		Traitement 1 : Temps pour semer la deuxième espèce (jours)
T0	20	0	0	Quinoa/Luzerne	0
T0	20	0	0	Quinoa/Luzerne	1
T0	20	0	0	Quinoa/Luzerne	2
T0	20	0	0	Quinoa/Luzerne	3
T0	20	0	0	Quinoa/Luzerne	4
T0	20	0	0	Quinoa/Luzerne	5
T1	20	2	10	Quinoa/Luzerne	0
T1	20	2	10	Quinoa/Luzerne	1
T1	20	2	10	Quinoa/Luzerne	2
T1	20	2	10	Quinoa/Luzerne	3
T1	20	2	10	Quinoa/Luzerne	4
T1	20	2	10	Quinoa/Luzerne	5
T2	20	4	20	Quinoa/Luzerne	0
T2	20	4	20	Quinoa/Luzerne	1
T2	20	4	20	Quinoa/Luzerne	2



T2	20	4	20	Quinoa/Luzerne	3
T2	20	4	20	Quinoa/Luzerne	4
T2	20	4	20	Quinoa/Luzerne	5
T3	20	6	30	Quinoa/Luzerne	0
T3	20	6	30	Quinoa/Luzerne	1
T3	20	6	30	Quinoa/Luzerne	2
T3	20	6	30	Quinoa/Luzerne	3
T3	20	6	30	Quinoa/Luzerne	4
T3	20	6	30	Quinoa/Luzerne	5
T4	20	8	40	Quinoa/Luzerne	0
T4	20	8	40	Quinoa/Luzerne	1
T4	20	8	40	Quinoa/Luzerne	2
T4	20	8	40	Quinoa/Luzerne	3
T4	20	8	40	Quinoa/Luzerne	4
T4	20	8	40	Quinoa/Luzerne	5
T5	20	10	50	Quinoa/Luzerne	0
T5	20	10	50	Quinoa/Luzerne	1
T5	20	10	50	Quinoa/Luzerne	2
T5	20	10	50	Quinoa/Luzerne	3
T5	20	10	50	Quinoa/Luzerne	4
T5	20	10	50	Quinoa/Luzerne	5
T6	20	12	60	Quinoa/Luzerne	0
T6	20	12	60	Quinoa/Luzerne	1
T6	20	12	60	Quinoa/Luzerne	2
T6	20	12	60	Quinoa/Luzerne	3
T6	20	12	60	Quinoa/Luzerne	4
T6	20	12	60	Quinoa/Luzerne	5
T7	20	14	70	Quinoa/Luzerne	
T7	20	14	70	Quinoa/Luzerne	1
T7	20	14	70	Quinoa/Luzerne	2
T7	20	14	70	Quinoa/Luzerne	3
T7	20	14	70	Quinoa/Luzerne	4
T7	20	14	70	Quinoa/Luzerne	5
T8	20	16	80	Quinoa/Luzerne	0
T8	20	16	80	Quinoa/Luzerne	1
T8	20	16	80	Quinoa/Luzerne	2
T8	20	16	80	Quinoa/Luzerne	3
T8	20	16	80	Quinoa/Luzerne	4

T8	20	16	80	Quinoa/Luzerne	5
T9	20	18	90	Quinoa/Luzerne	0
T9	20	18	90	Quinoa/Luzerne	1
T9	20	18	90	Quinoa/Luzerne	2
T9	20	18	90	Quinoa/Luzerne	3
T9	20	18	90	Quinoa/Luzerne	4
T9	20	18	90	Quinoa/Luzerne	5
T10	20	20	100	Quinoa/Luzerne et Luzerne/Quinoa	0
T10	20	20	100	Quinoa/Luzerne et Luzerne/Quinoa	1
T10	20	20	100	Quinoa/Luzerne et Luzerne/Quinoa	2
T10	20	20	100	Quinoa/Luzerne et Luzerne/Quinoa	3
T10	20	20	100	Quinoa/Luzerne et Luzerne/Quinoa	4
T10	20	20	100	Quinoa/Luzerne et Luzerne/Quinoa	5
T11	0	20	0	Luzerne/Quinoa	0
T11	0	20	0	Luzerne/Quinoa	1
T11	0	20	0	Luzerne/Quinoa	2
T11	0	20	0	Luzerne/Quinoa	3
T11	0	20	0	Luzerne/Quinoa	4
T11	0	20	0	Luzerne/Quinoa	5
T12	2	20	10	Luzerne/Quinoa	0
T12	2	20	10	Luzerne/Quinoa	1
T12	2	20	10	Luzerne/Quinoa	2
T12	2	20	10	Luzerne/Quinoa	3
T12	2	20	10	Luzerne/Quinoa	4
T12	2	20	10	Luzerne/Quinoa	5
T13	4	20	20	Luzerne/Quinoa	0
T13	4	20	20	Luzerne/Quinoa	1
T13	4	20	20	Luzerne/Quinoa	2
T13	4	20	20	Luzerne/Quinoa	3
T13	4	20	20	Luzerne/Quinoa	4
T13	4	20	20	Luzerne/Quinoa	5
T14	6	20	30	Luzerne/Quinoa	0
T14	6	20	30	Luzerne/Quinoa	1
T14	6	20	30	Luzerne/Quinoa	2
T14	6	20	30	Luzerne/Quinoa	3
T14	6	20	30	Luzerne/Quinoa	4
T14	6	20	30	Luzerne/Quinoa	5
T15	8	20	40	Luzerne/Quinoa	0

T15	8	20	40	Luzerne/Quinoa	1
T15	8	20	40	Luzerne/Quinoa	2
T15	8	20	40	Luzerne/Quinoa	3
T15	8	20	40	Luzerne/Quinoa	4
T15	8	20	40	Luzerne/Quinoa	5
T16	10	20	50	Luzerne/Quinoa	0
T16	10	20	50	Luzerne/Quinoa	1
T16	10	20	50	Luzerne/Quinoa	2
T16	10	20	50	Luzerne/Quinoa	3
T16	10	20	50	Luzerne/Quinoa	4
T16	10	20	50	Luzerne/Quinoa	5
T17	12	20	60	Luzerne/Quinoa	0
T17	12	20	60	Luzerne/Quinoa	1
T17	12	20	60	Luzerne/Quinoa	2
T17	12	20	60	Luzerne/Quinoa	3
T17	12	20	60	Luzerne/Quinoa	4
T17	12	20	60	Luzerne/Quinoa	5
T18	14	20	70	Luzerne/Quinoa	0
T18	14	20	70	Luzerne/Quinoa	1
T18	14	20	70	Luzerne/Quinoa	2
T18	12	20	60	Luzerne/Quinoa	3
T18	12	20	60	Luzerne/Quinoa	4
T18	12	20	60	Luzerne/Quinoa	5
T19	16	20	80	Luzerne/Quinoa	0
T19	16	20	80	Luzerne/Quinoa	1
T19	16	20	80	Luzerne/Quinoa	2
T19	16	20	80	Luzerne/Quinoa	3
T19	16	20	80	Luzerne/Quinoa	4
T19	16	20	80	Luzerne/Quinoa	5
T20	18	20	90	Luzerne/Quinoa	0
T20	18	20	90	Luzerne/Quinoa	1
T20	18	20	90	Luzerne/Quinoa	2
T20	18	20	90	Luzerne/Quinoa	3
T20	18	20	90	Luzerne/Quinoa	4
T20	18	20	90	Luzerne/Quinoa	5

Ainsi, pour le traitement 1, il s'agit de mettre les graines de la première espèce (dont le nombre varie (traitement 2)) à germer et après x jours, mettre les graines de la deuxième espèce (dont 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 Petri sont placées à température ambiante ( $T_{\text{moy}} = 17^{\circ}\text{C}$  lors de notre expérimentation).

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. Le comptage de graines germées a été réalisée quotidiennement jusqu'au 10<sup>ème</sup> jour après la mise en boîtes de Petri des graines.

### **I.2.2. Paramètres étudiés**

Pour la présente étude, différents paramètres sont retenus dont : différents paramètres de germination (Taux de germination final, Évolution du taux de germination et 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.

#### **I.2.2.1. Taux de germination final**

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

Le taux germination final est exprimé par le rapport du nombre de graines germées sur le nombre total de graines testées (ALAOUI et al., 2013).

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

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

**NT** : Le nombre total des graines mises en germination

### **I.2.2.2. 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 variation dans le temps des 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

### **I.2.2.3. 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 x 100 du coefficient de KOTOWSKI ( $C_v$ ).

### **I.2.2.4. 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  $T_2$

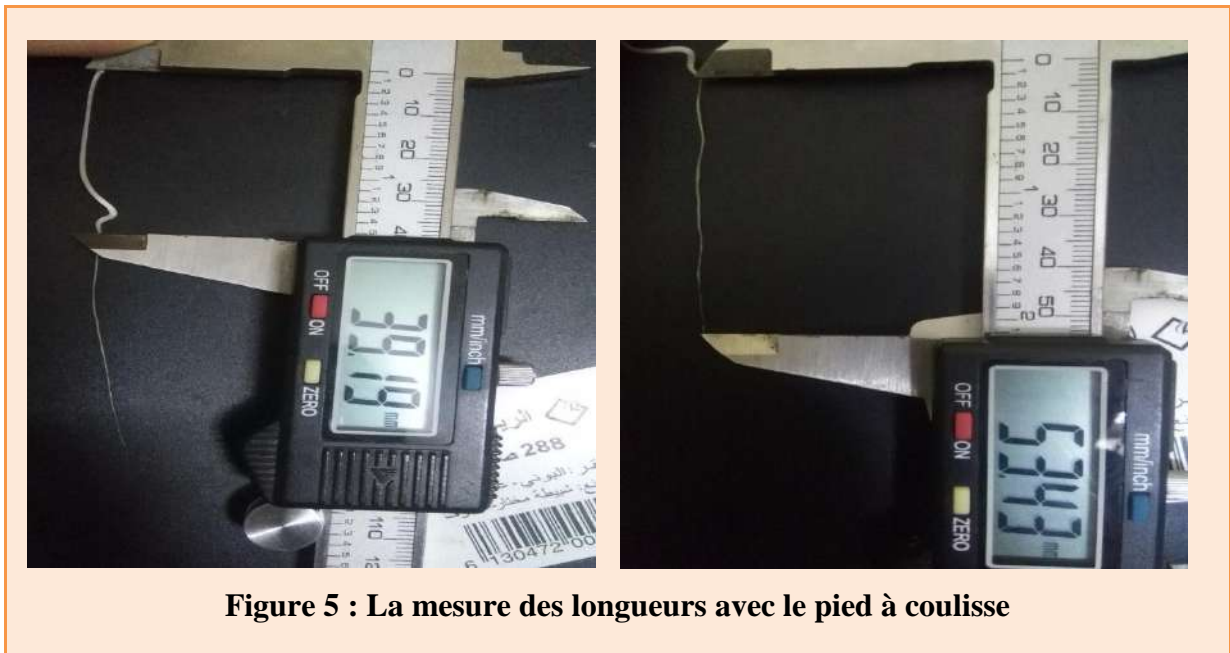
$N_n$  : Nombre de graines germées au temps  $T_n$

### **1.2.2.5. Temps pour 50% de germination**

C'est le temps nécessaire pour que 50% des graines testées germent (T50 ou T  $\frac{1}{2}$ ). Pour certains auteurs (comme CÔME, 1970) ce paramètre est le temps moyen de germination.

### **1.2.2.6. 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).



### **1.2.2.7. 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 pour les deux facteurs étudiés. Par la suite, nous avons réalisé une analyse factorielle discriminante.

*Résultats et  
Discussion*

## **II.1. Résultats**

Pour déterminer les interactions entre les graines de la luzerne (*Medicago sativa* L.) et les graines du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) aux stades germination et post-germination, nous avons étudié des paramètres morpho-physiologiques de germination comme : la longueur maximale tigelle, la longueur maximale de la radicule, ainsi que le coefficient de vélocité, le temps moyen de germination et le taux de germination final. Dans ce qui suit, nous présenterons d'abord les résultats obtenus pour chaque paramètre (variable) avec l'analyse de variance suivis par l'analyse factorielle discriminante.

### **II.1.1. Effets du quinoa sur la luzerne**

#### **II.1.1.1. Longueur maximale tigelle de la luzerne**

Les résultats concernant la longueur maximale de la tigelle (LMT) de la Luzerne en fonction des deux traitements, le premier étant le temps entre les deux semis et le deuxième c'est le taux de graines du quinoa sont représentés dans la **Figure 6**.

L'histogramme montre que la longueur maximale de la tigelle de la luzerne est variable en fonction du temps de la mise en germination. Les lots des graines semées après un jour présentent une valeur maximale (43,623 mm), suivies par les graines témoins et de cinquième jour qui ont presque les mêmes valeurs. Après, une petite diminution de LMT dans les lots de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jours. La plus faible longueur a été enregistrée dans les lots de 2<sup>ème</sup> jour (38,241 mm).

Concernant le deuxième traitement qui est le taux de graines du quinoa, on remarque qu'au niveau des graines de témoin (0%) la LMT atteint, au bout de 10 jours, des valeurs plus élevées (44,809 mm) suivi par le taux 70% et la plus courte longueur a été enregistrée au niveau du taux égal 100 % de graines du quinoa (38,368 mm).

L'analyse de la variance (**Tab. 2**) montre qu'il y a une différence significative entre les traitements. Et le test de Newman-Keuls les a regroupés en différents groupes.



**Tableau 2 : Analyse de la variance de la variable longueur maximale de la tigelle de la luzerne (mm)**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	3918.754	60.289	2.345	< 0.0001
Erreur	132	3394.194	25.714		
Total corrigé	197	7312.948			

**Tableau 3 : Test de Newman-Keuls du traitement 1 (temps de semis) pour la variable longueur maximale de la tigelle de la luzerne (mm).**

Modalité	Moyenne	Groupes		
1	43.623	A		
5	42.496	A	B	
0	42.408	A	B	
4	38.888		B	C
3	38.495			C
2	38.241			C

- Groupe (A) : la modalité (T1)
- Groupe Intermédiaire entre A et B : les modalités (T5 et T0)
- Groupe Intermédiaire entre B et C : (T4)
- Groupe (C) : les modalités (T3 et T2)

Concernant le deuxième traitement qui est le taux de graines de Quinoa le résultat statistique montre qu'il y a deux groupes homogènes et un groupe intermédiaire (**Tab. 4**).

**Tableau 4 : Test de Newman-Keuls du traitement 2 (taux de grains de quinoa) pour la variable longueur maximale de la tigelle de la luzerne (mm).**

Modalité	Moyenne	Groupes	
0.0	44.809	A	
0.7	42.719	A	B
0.1	41.337	A	B
0.4	41.252	A	B
0.6	40.923	A	B
0.3	40.591	A	B
0.5	39.672	A	B
0.8	39.596	A	B
0.9	39.344	A	B
0.2	38.997		B
1.0	38.368		B

- Groupe (A) : la modalité (T0).
- Groupe (B) : les modalités (T0.2 et T1)
- Groupe Intermédiaire entre A et B : les modalités restantes

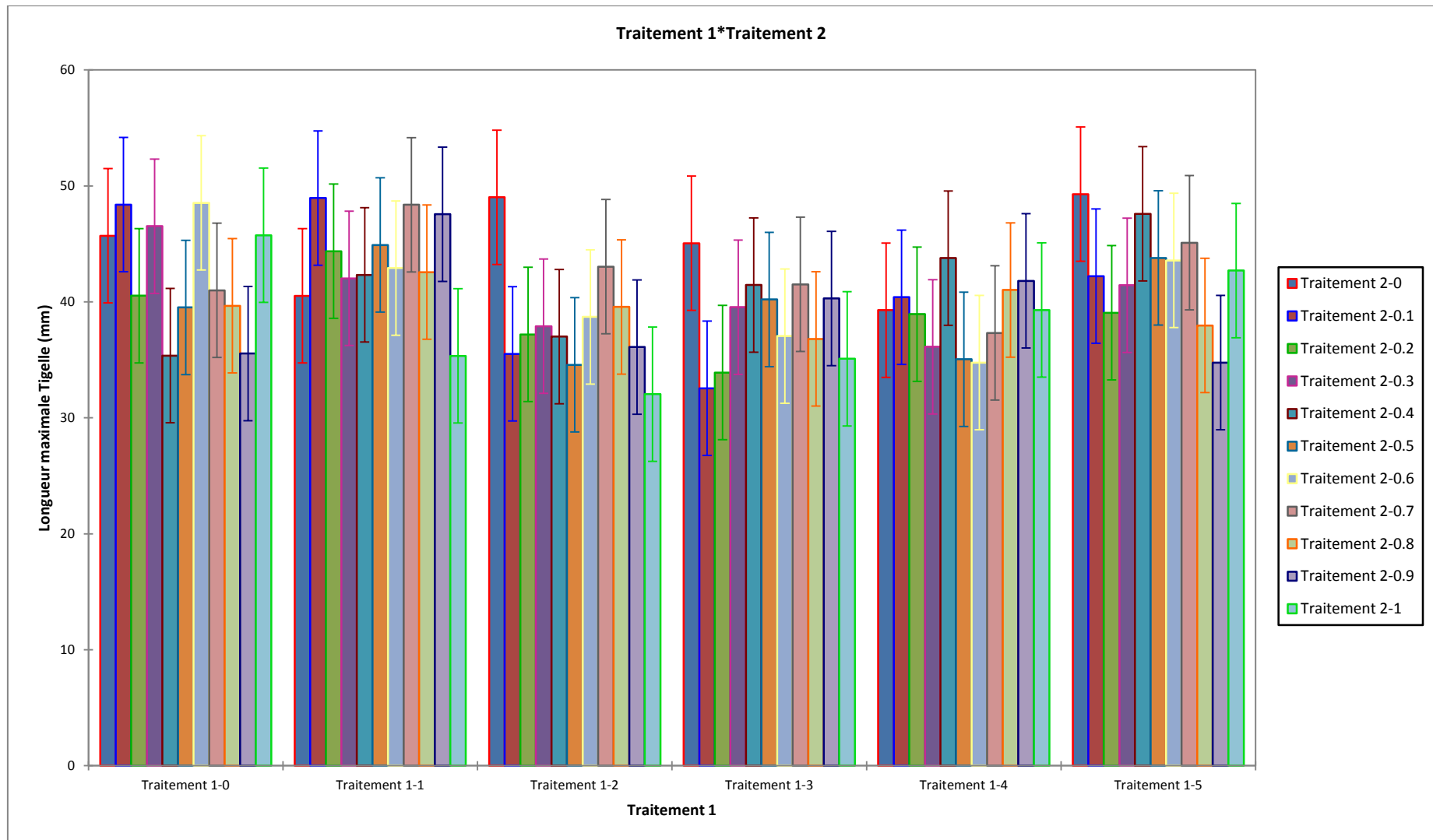


Figure 6 : Variation de la longueur maximale de la tige de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa.

**II.1.1.2. Longueur maximale de la racine de la luzerne**

Les résultats obtenus de la longueur maximale de la racine (LMR) de la Luzerne sont enregistrés dans la **Figure 7**. On observe après la germination, que la longueur maximale de racine de la luzerne varie d'un traitement à un autre.

La longueur maximale de racine de la luzerne varie en fonction du temps de la mise en germination. Pour les graines semées après un jour, la longueur (44,233 mm) est la plus importante par rapport aux autres. Puis une petite diminution de LMR dans les lots de témoins et le cinquième jour, suivi par les graines de 3<sup>ème</sup> jour. Et la plus faible longueur est enregistrée pour les graines de 2<sup>ème</sup> (29,932 mm) et 4<sup>ème</sup> jour (29,847 mm) qui ont presque les mêmes valeurs de LMR.

Le taux de graines du quinoa induit une réduction de ce paramètre chez la luzerne. Nous enregistrons une longueur maximale pour le témoin (46,547 mm), suivi par le taux 20 % et la plus petite longueur a été enregistrée pour le taux 90% (27,819 mm).

L'analyse de variance (**Tab. 5**) montre qu'il y a une différence significative entre les différents traitements. Et le test de Newman-Keuls les a regroupés en différents groupes (**Tab. 6**).

**Tableau 5 : Analyse de la variance de la variable longueur maximale Racine de la luzerne (mm)**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	14943.018	229.893	5.520	< 0.0001
Erreur	132	5497.501	41.648		
Total corrigé	197	20440.518			

**Tableau 6 : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable longueur maximale Racine de la luzerne (mm).**

Modalité	Moyenne	Groupes
1	44.233	A
0	34.998	B
5	33.003	B C
3	30.527	B C
2	29.932	C
4	29.847	C

- Groupe (A) : la modalité (T1)
- Groupe (B) : la modalité (T0)
- Groupe Intermédiaire entre B et C : les modalités (5 et 3).
- Groupe (C) : les modalités (2 et 4).

Le test de Newman-Keuls a fait ressortir trois groupes homogènes et trois groupes intermédiaires (Tab. 7).

**Tableau 7 : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable longueur maximale Radicule de la luzerne**

Modalité	Moyenne	Groupes			
0.0	46.547	A			
0.2	37.819		B		
0.1	37.609		B		
0.5	34.979		B	C	
0.3	33.677		B	C	D
0.4	32.722		B	C	D
0.7	31.324		B	C	D
0.6	30.132			C	D
0.8	29.374			C	D
1.0	29.322			C	D
0.9	27.819				D

- Groupe (A) : la modalité (T0)
- Groupe (B) : la modalité (T0.2)
- Groupe Intermédiaire entre B et C : la modalité (T0.5).
- Groupe Intermédiaire entre B, C et D : les modalités (0.3, 0.4 et 0.7).
- Groupe Intermédiaire entre C et D : les modalités (0.6 et 0.8).
- Groupe (D) : la modalité (T0.9).

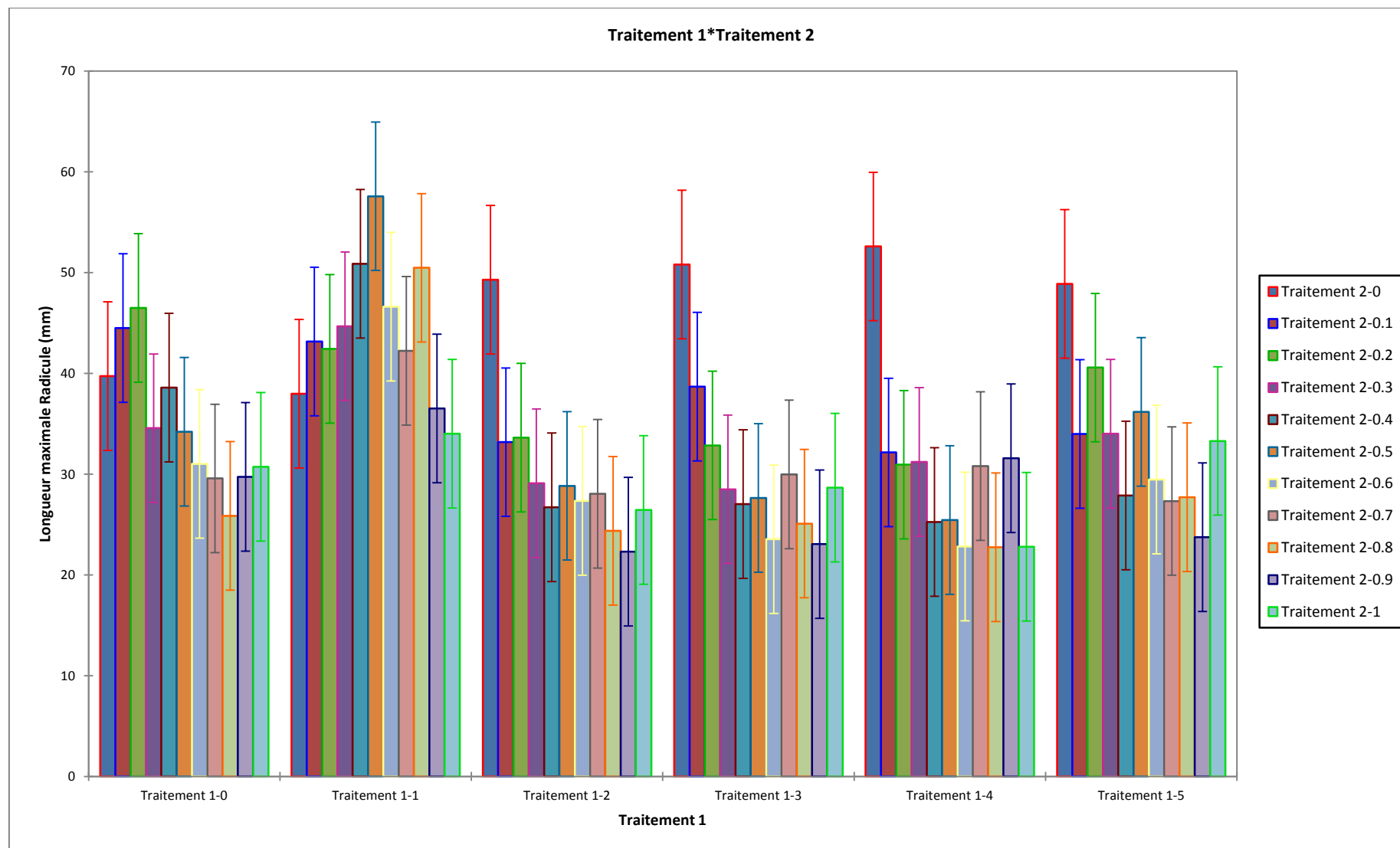


Figure 7 : Variation de longueur maximale de la racine de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa.

**II.1.1.3. Coefficient de vélocité pour la luzerne :**

La **Figure 8** illustre les variabilités dans le coefficient de vélocité de germination des graines testées de la luzerne par les deux traitements.

Pour le traitement du temps, le coefficient de vélocité le plus élevé est inscrit chez les graines semées après un jour (64,916), suivi par celui des graines semées après deux jours. Alors que ce coefficient diminue à des valeurs faibles chez les graines du cinquième jour (56,587).

Concernant le deuxième traitement pour ce paramètre chez la luzerne, les résultats obtenus montrent que les lots de 30 % présentent des valeurs maximales (64,620) et aussi que pour les lots de 10 %, 50 %, et 70 % sont très proches à de 30 %. Et la plus faible valeur a été enregistrée pour les lots de 20 % (54,944).

L'étude statistique (**Tab. 8**) de ce paramètre montre des différences non significatives entre les différents traitements. Et de ce fait, le test de Newman-Keuls a formé un seul groupe homogène pour chaque traitement (**Tab. 9 et 10**).

**Tableau 8 : Analyse de la variance de la variable coefficient de vélocité.**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	9409.885	144.767	0.924	0.633
Erreur	132	20673.600	156.618		
Total corrigé	197	30083.484			

**Tableau 9 : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable coefficient de vélocité.**

Modalité	Moyenne	Groupes
1	64.916	A
2	63.477	A
3	62.391	A
0	61.819	A
4	57.436	A
5	56.587	A

**Tableau 10 : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable coefficient de vitesse.**

<b>Modalité</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Groupes</b>
0.3	64.620	A
0.5	64.261	A
0.7	64.257	A
0.1	64.118	A
1.0	62.899	A
0.9	62.134	A
0.6	59.885	A
0.4	58.900	A
0.8	58.270	A
0.0	57.859	A
0.2	54.944	A

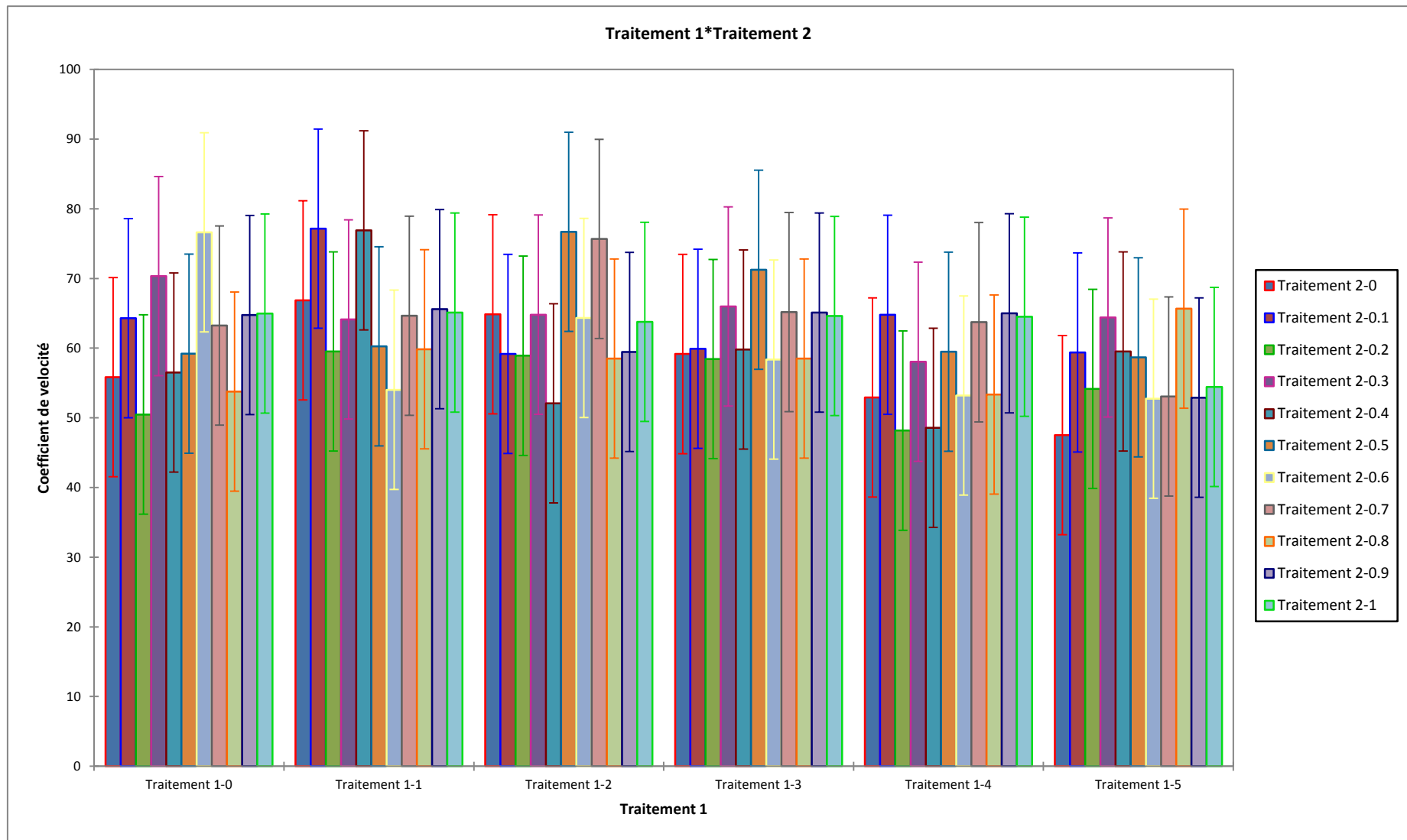


Figure 8 :Coefficient de velocity de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa.



**II.1.1.4. Temps moyen de germination pour la luzerne**

Les résultats concernant le temps moyen de germination de la Luzerne en fonction de temps et taux de graines du quinoa sont représentés dans la **Figure 9**.

L'histogramme montre que le temps moyen de germination est presque invariable en fonction du temps, parce que tous les lots présentent des valeurs semblables (entre 1,620 et 1,810 jours).

Concernant le deuxième traitement qui est le taux de graines du quinoa, on remarque qu'il y a une variation entre les lots. La valeur maximale est enregistrée au niveau des graines de témoin (0%) suivi par le taux 20% et le plus faible moyen a été enregistré au niveau de taux égal 30 % de graines du quinoa.

L'analyse de variance **Tab. 11** montre qu'il y a une différence non significative entre les différents traitements. Et le test de Newman-Keuls les a regroupés en un seul groupe homogène (**Tab. 12 et 13**).

**Tableau 11 : Analyse de la variance de la variable Temps moyen de germination (t) en jour.**

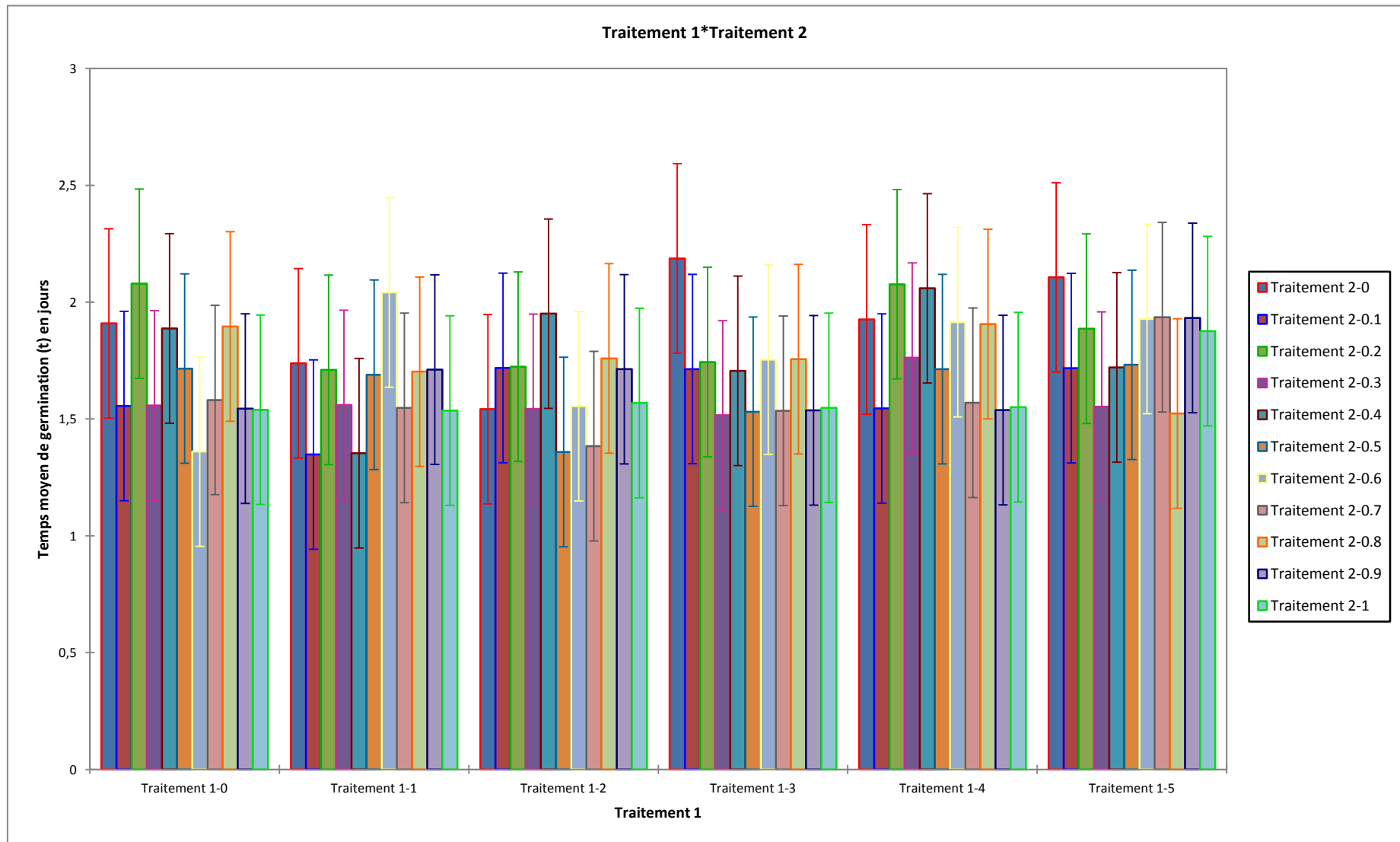
Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	7.864	0.121	0.959	0.567
Erreur	132	16.644	0.126		
Total corrigé	197	24.507			

**Tableau 12 : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable Temps moyen de germination.**

Modalité	Moyenne	Groupes
5	1.810	A
4	1.778	A
0	1.693	A
3	1.684	A
1	1.631	A
2	1.620	A

**Tableau 13 : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable Temps moyen de germination.**

<b>Modalité</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Groupes</b>
0.0	1.901	A
0.2	1.870	A
0.4	1.779	A
0.6	1.759	A
0.8	1.757	A
0.9	1.663	A
0.5	1.623	A
1.0	1.603	A
0.1	1.600	A
0.7	1.592	A
0.3	1.582	A



**Figure 9 : Temps moyen de germination de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa.**

### II.1.1.5. Taux de germination final pour la luzerne

Les résultats sont consignés dans la **Figure 10** et nous distinguons que le facteur temps induit une action sur ce paramètre.

Les histogrammes montrent que pour les graines semées après 2 jours, le taux de germination atteint une valeur plus élevée (86,061 %), suivi par celui des graines qui sont semées après 1 et 4 jours qui ont presque la même valeur de taux de germination. Ensuite une diminution du taux dans les lots de 3 jours et de témoin et le plus faible taux a été enregistré dans les lots de graines semées après 5 jours (78,939 %).

On observe que la plus grande valeur de taux de germination final est pour 80% de graines de quinoa (89,722 %) suivies par le témoin 0%, ensuite par les taux 20%, 30%, 40%, etc. et le taux le plus faible est enregistré pour le taux 10% (82,222 %).

L'analyse de variance (**Tab. 14**) montre qu'il y a une différence significative pour le premier traitement et non significative pour le second. Et le test de Newman-Keuls les a regroupés en différents groupes pour le traitement 1 (**Tab. 15**) et un seul groupe pour le traitement 2 (**Tab. 16**).

**Tableau 14 : Analyse de la variance de la variable Taux de germination final (%).**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	6004.040	92.370	1.388	0.057
Erreur	132	8783.333	66.540		
Total corrigé	197	14787.374			

**Tableau 15 : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable Taux de germination final.**

Modalité	Moyenne	Groupes
2	87.424	A
4	86.364	A
1	86.061	A
3	85.303	A
0	84.394	A B
5	78.939	B

- Groupe (A) : la modalité (T2)
- Groupe (B) : la modalité (T5)
- Groupe Intermédiaire entre (A) et (B) : les modalités (T0, T1, T3 et T4).

**Tableau 16 : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable Taux de germination final.**

<b>Modalité</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Groupes</b>
0.8	89.722	A
0.0	88.056	A
1.0	86.667	A
0.6	86.111	A
0.2	83.889	A
0.4	83.611	A
0.9	83.333	A
0.3	83.056	A
0.5	82.778	A
0.7	82.778	A
0.1	82.222	A

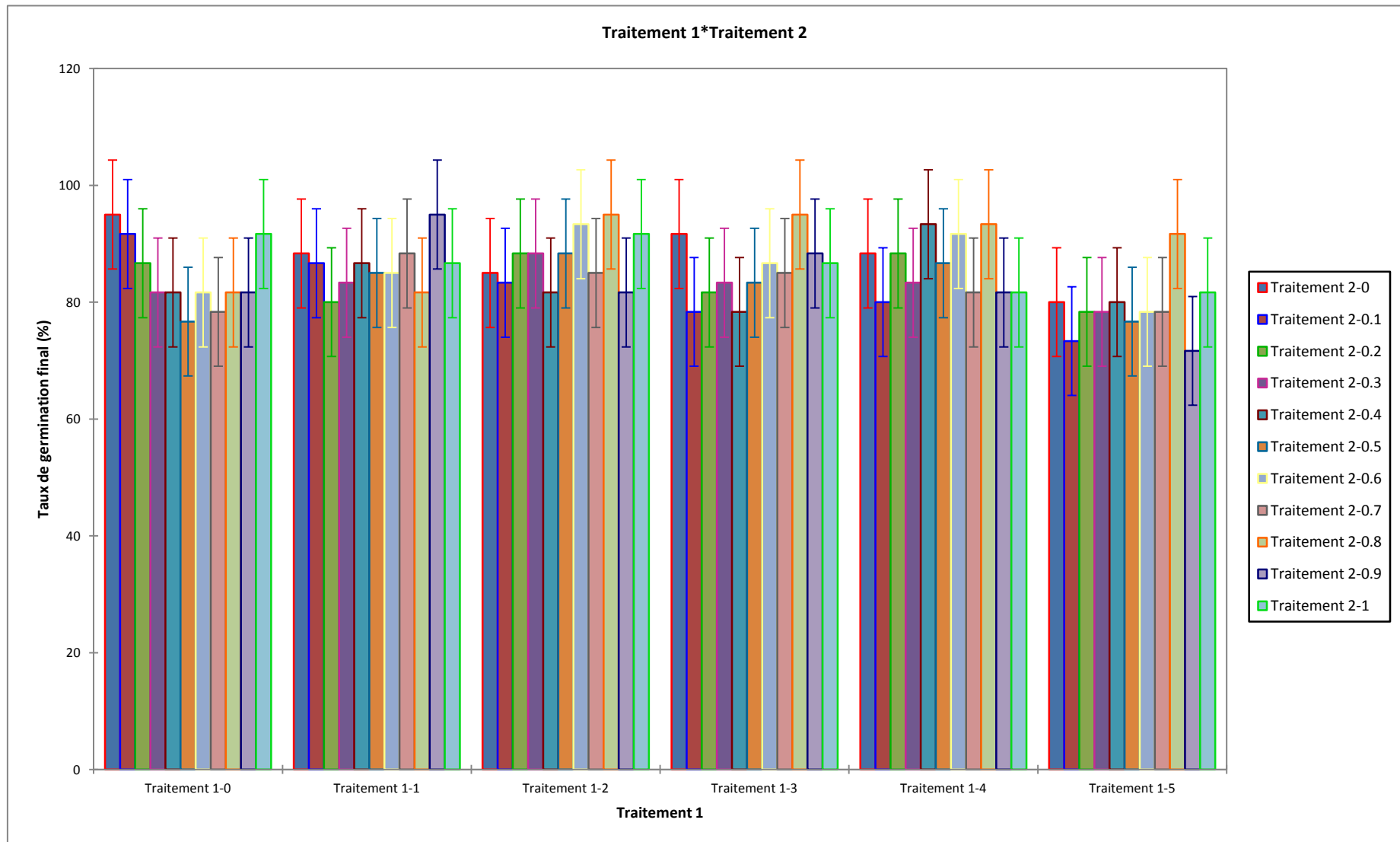
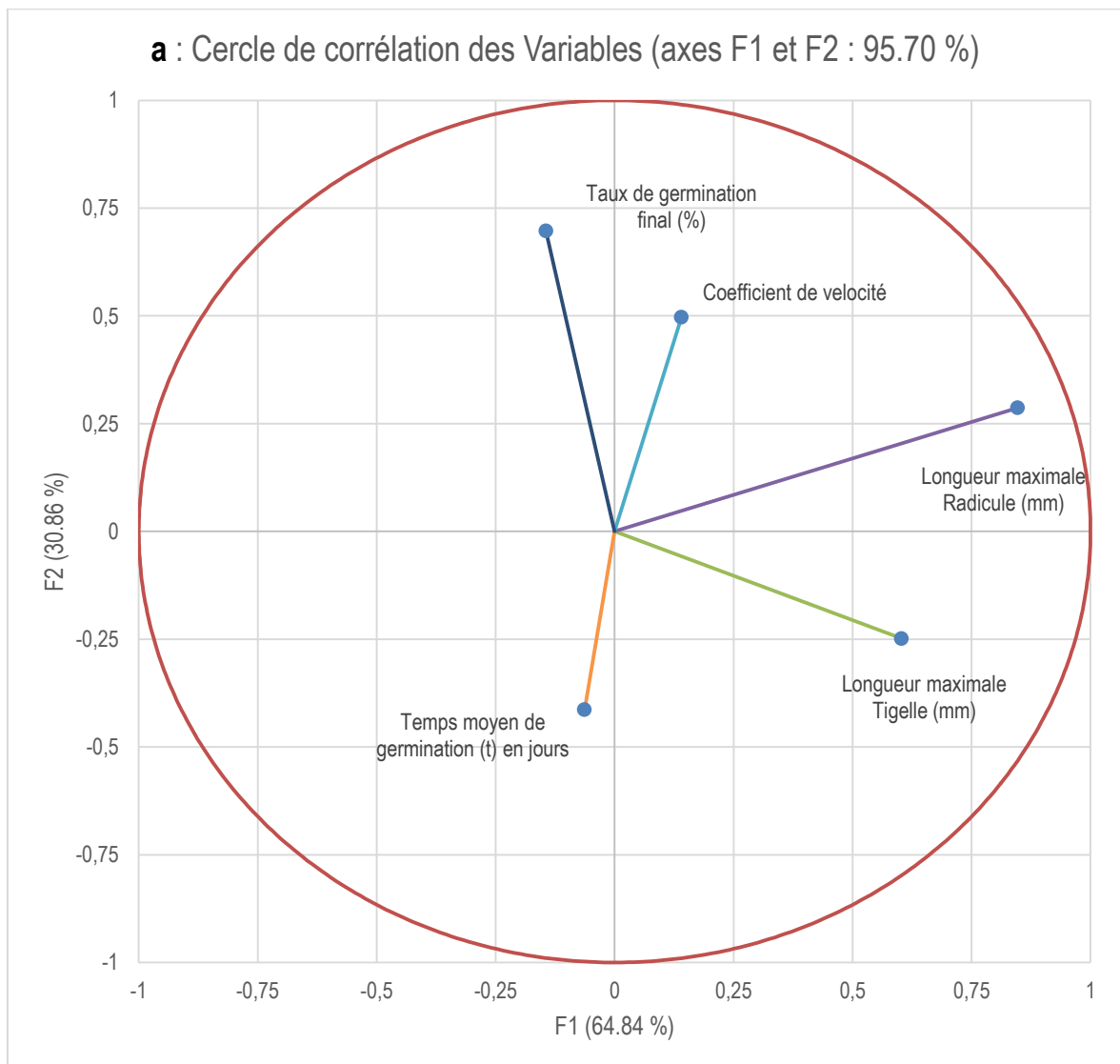
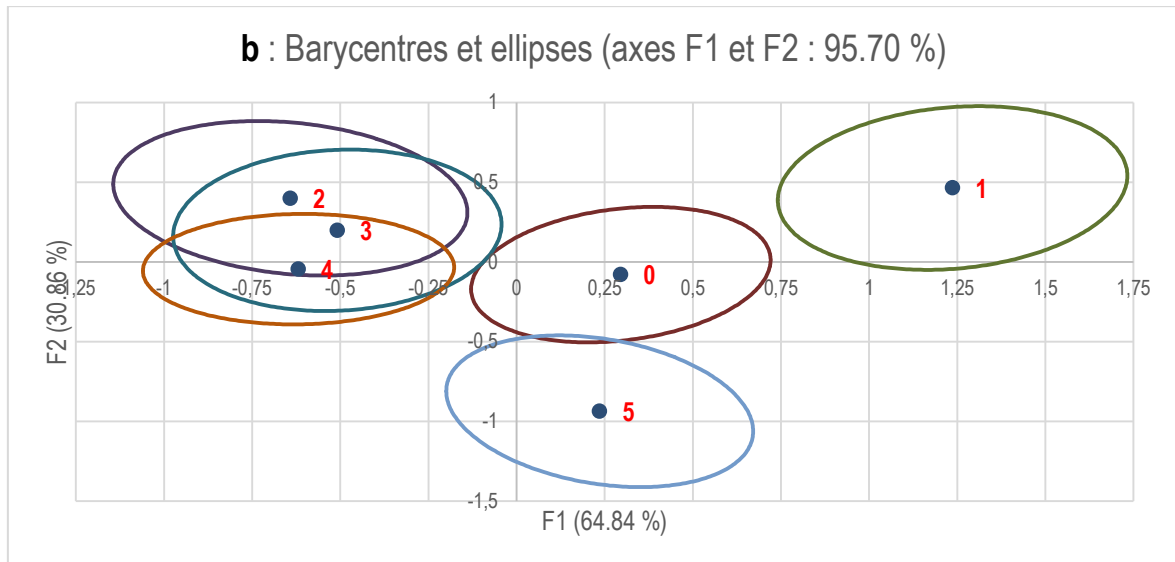


Figure 10 : Taux de germination final de la luzerne en fonction du temps et du taux de graines du quinoa.

**II.1.1.6. Analyse factorielle discriminante de l'effet de l'intervalle de temps de semis des graines de quinoa sur la luzerne**

L'analyse factorielle discriminante (AFD) nous permet de "synthétiser" les différents résultats obtenus précédemment. Ainsi, sur la **Figure 11a**, nous apercevons que la longueur maximale de la radicule (LMR) et la longueur maximale de la tigelle (LMT) caractérisent l'axe 1 (F1) du côté positif, tandis que le taux de germination final (TGF) et le coefficient de vélocité (Cv) caractérisent l'axe 2 (F2) du côté positif et bien sûr opposés au temps moyen de germination (THG).





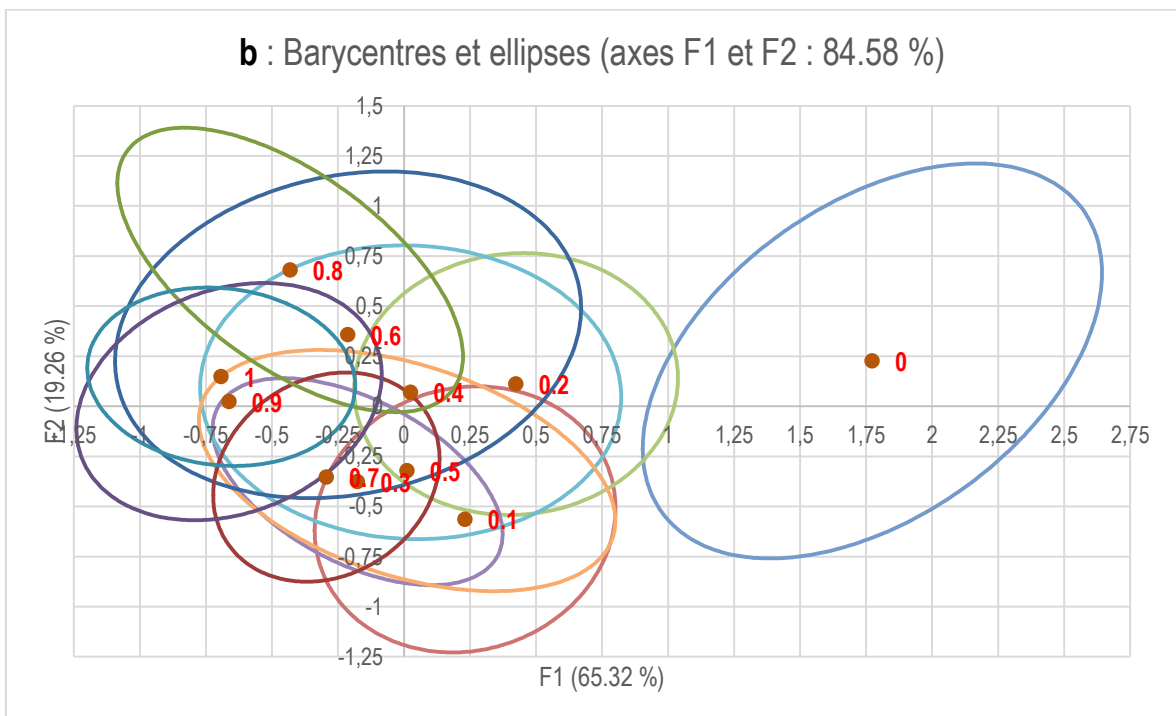
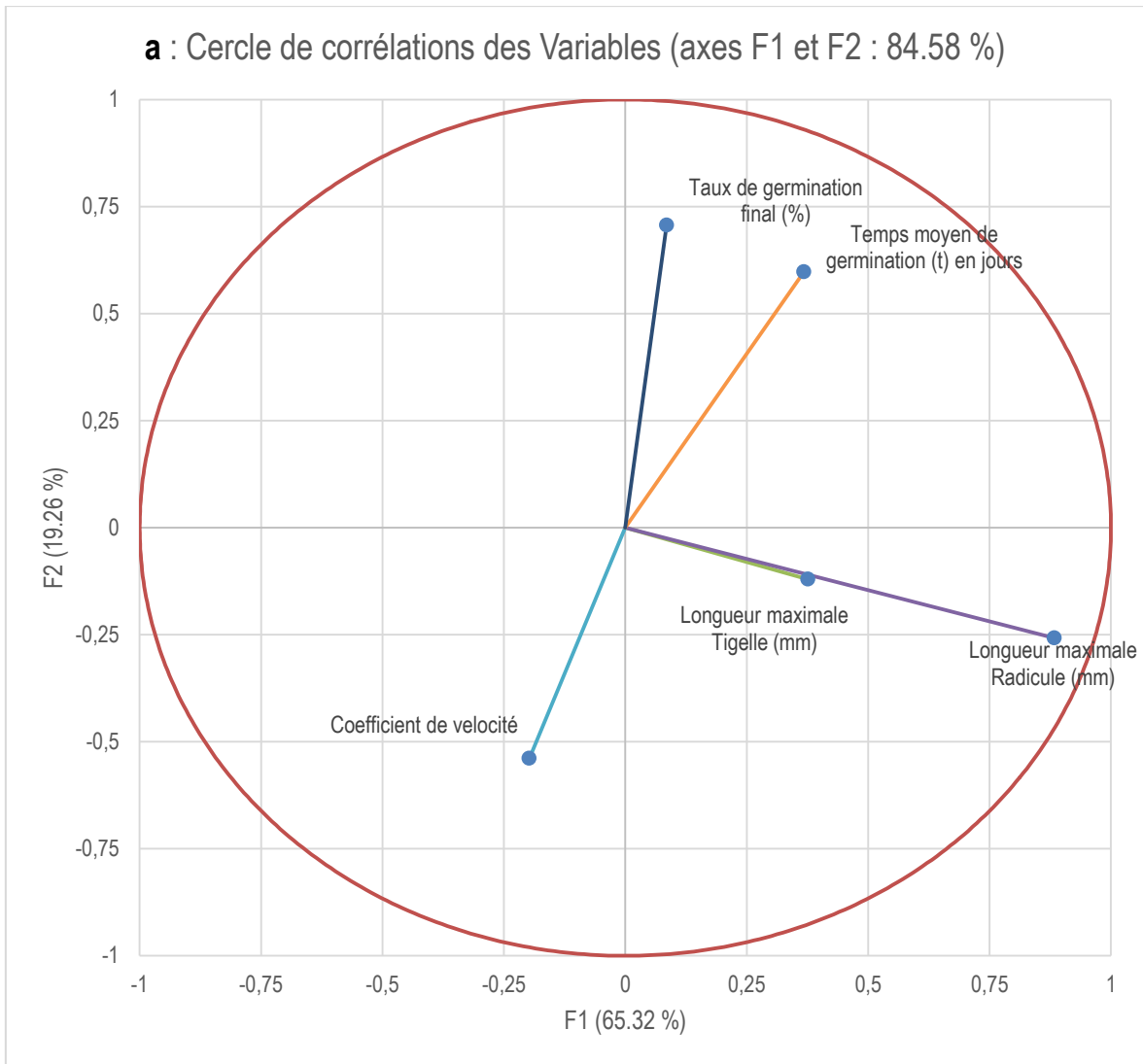
**Figure 11 : Analyse factorielle discriminante de l'effet de l'intervalle de temps de semis des graines de quinoa sur la luzerne (a : Cercle de corrélations des variables sur le plan 1-2 ; b : Barycentres et ellipses des modalités)**

Concernant les modalités de l'intervalle de temps de semis, nous distinguons sur la **Figure 11b** que l'intervalle de 1 jour se démarque du côté positif de l'axe 1 (LMR et LMT élevées) et opposé aux intervalles de 2, 3 et 4 jours (LMT et LMR faibles). L'intervalle de 5 jours est du côté négatif de l'axe 2 (TGF et Cv faibles avec TMG élevé) et l'intervalle 0 jour est positionné au milieu du plan.

#### II.1.1.7. Analyse factorielle discriminante de l'effet du taux des graines de quinoa sur la luzerne

Au sujet de l'influence du taux de graines de quinoa sur la germination et post germination des graines de luzerne, le cercle de corrélation des variables de l'AFD (**Figure 12a**) révèle que ce sont toujours LMR et LMT qui caractérisent l'axe 1 et du côté positif, tandis que sur l'axe 2 c'est toujours le TGF du côté positif mais avec le TMG en opposition avec le Cv qui est cette fois du côté négatif.





**Figure 12 : Analyse factorielle discriminante de l'effet du taux des graines de quinoa sur la luzerne (a : Cercle de corrélations des variables sur le plan 1-2 ; b : Barycentres et ellipses des modalités)**

Relatif aux modalités du taux des graines de quinoa, c'est le témoin (taux 0%) qui se discrimine de tous les autres du côté positif de l'axe 1 ; ayant ainsi les longueurs de radicule et de tigelle les plus importantes avec des écarts-types importants (aire de l'ellipse plus grande). Les autres taux s'enchevêtrent au milieu du plan sans se démarquer les uns des autres ; ce qui démontrent des effets très proches.

## **II.1.2. Effets de la luzerne sur le quinoa**

### **II.1.2.1. Longueur maximale tigelle du quinoa**

Les résultats concernant la longueur maximale tigelle (mm) du quinoa par rapport au temps et le taux de graines de luzerne dans la **Figure 13**.

On observe, quant au premier traitement, que la longueur maximale de la tigelle varie d'un traitement à un autre. Dans les lots de témoin, deuxième et premier jours, les valeurs sont élevées (39,972 mm, 39,972 mm et 39,964 mm respectivement). Par la suite, on relève une diminution de la longueur maximale tigelle dans les lots de 5<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jours et la plus faible longueur a été enregistrée dans les lots de 3<sup>ème</sup> jour (22,171 mm).

Concernant le deuxième traitement pour ce paramètre, les résultats obtenus montrent que les lots de 30 % présentent des valeurs maximales (39,013 mm) et la plus faible longueur est enregistrée pour les lots de 100 % (22,442 mm).

L'analyse de la variance (**Tab. 17**) montre qu'il y a une différence significative entre les traitements. Et le test de Newman-Keuls les a regroupés en 2 groupes différents pour le traitement 1 (**Tab. 18**) et Plusieurs groupes pour le traitement 2 (**Tab. 19**).

**Tableau 17 : Analyse de variance de la variable Longueur maximale tigelle du quinoa (mm).**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	25171.492	387.254	11.139	< 0.0001
Erreur	132	4589.001	34.765		
Total corrigé	197	29760.493			

**Tableau 18 : Test de Newman-Keuls du Traitement 1 pour la variable Longueur maximale tigelle du quinoa**

Modalité	Moyenne	Groupes
2	39.972	A
0	39.972	A
1	39.964	A
5	25.548	B
4	23.447	B
3	22.171	B

- Groupe (A) : les modalités (T0, T1 et T2)
- Groupe (B) : les modalités (T3, T4 et T5)

**Tableau 19 : Test de Newman-Keuls du Traitement 2 pour la variable Longueur maximale tigelle du quinoa**

Modalité	Moyenne	Groupes				
0,3	39.013	A				
0,0	36.763	A	B			
0,8	35.032	A	B	C		
0,7	34.909	A	B	C		
0,4	34.634	A	B	C		
0,9	34.513	A	B	C		
0,5	30.664		B	C	D	
0,2	29.856			C	D	
0,6	26.596				D	E
0,1	25.881				D	E
1,0	22.442					E

- Groupe (A) : la modalité (0,3)
- Groupe Intermédiaire entre (A) et (B) : la modalité (T0)
- Groupe Intermédiaire entre (A), (B) et (C) : les modalités (0,8, 0,7, 0,4 et 0,9)
- Groupe Intermédiaire entre (B), (C) et (D) : la modalité (0,5)
- Groupe Intermédiaire entre (C) et (D) : la modalité (0,2)
- Groupe Intermédiaire entre D et E : les modalités (0,6 et 0,1)
- Groupe (E) : la modalité (T1)

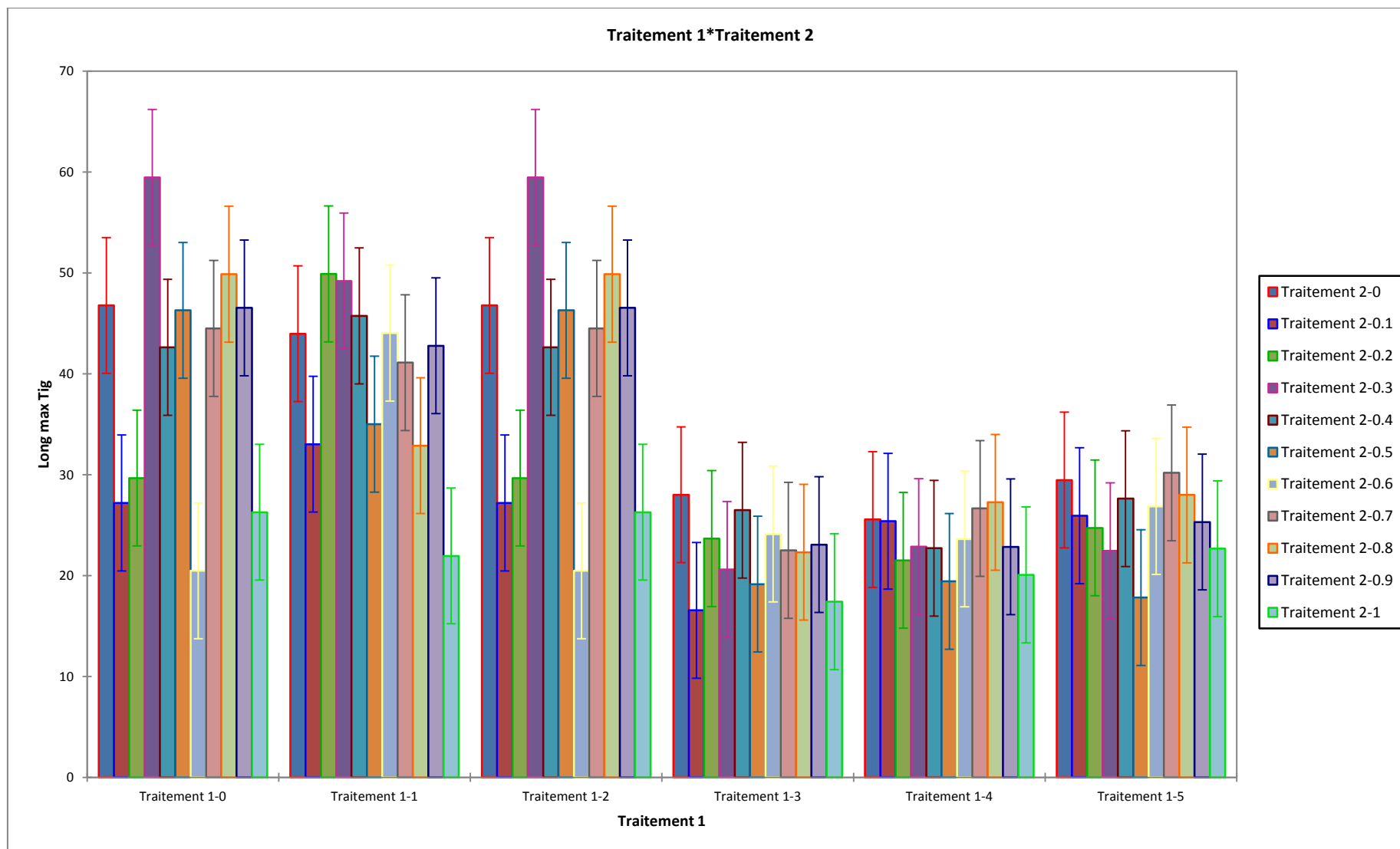


Figure 13 : Variation de longueur maximale tigelle du quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne.

**II.1.2.2. Longueur maximale de la racine du quinoa**

Les résultats concernant la longueur maximale racine (mm) du quinoa en fonction des deux traitements sont agrémentés par la **Figure 14**.

La longueur maximale de la racine du quinoa est variable en fonction du temps de la mise en germination. Les lots du 5<sup>ème</sup> jour présentent une valeur maximale (22,006 mm) qui diminue pour les autres jours, pour atteindre la mesure la plus faible dans les lots du 3<sup>ème</sup> jour (17,403 mm).

Concernant le deuxième traitement pour ce paramètre, les résultats obtenus montrent que les lots de 100 % présentent les chiffres les plus hauts (26,022 mm) suivis par ceux du témoin (24,174 mm) pour finir avec les lots de 50 % (16.602 mm).

L'analyse de la variance (**Tab. 20**) montre qu'il y a une différence significative entre les traitements. Et le test de Newman-Keuls les a regroupés en différents groupes pour les deux traitements (**Tab. 21 et Tab. 22**).

**Tableau 20 : Analyse de la variance de la variable Longueur maximale racine du quinoa (mm).**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	6135.060	94.386	4.905	< 0.0001
Erreur	132	2540.098	19.243		
Total corrigé	197	8675.158			

**Tableau 21 : Test de Newman-Keuls du Traitement 1 pour la variable Longueur maximale racine du quinoa.**

Modalité	Moyenne	Groupes
5	22.006	A
0	20.608	A
2	20.608	A
1	20.495	A B
4	19.330	A B
3	17.403	B

- Groupe (A) : les modalités (T5, T0 et T2)
- Groupe Intermédiaire entre A et B : les modalités (T1 et T4).
- Groupe (B) : la modalité (T3).

**Tableau 22 : Test de Newman-Keuls du Traitement 2 pour la variable Longueur maximale radicule du quinoa.**

Modalité	Moyenne	Groupes			
1.0	26.022	A			
0.0	24.174	A	B		
0.8	21.842	A	B	C	
0.1	20.254		B	C	D
0.9	20.019		B	C	D
0.7	19.855		B	C	D
0.3	18.844			C	D
0.2	18.361			C	D
0.4	17.971			C	D
0.6	16.881				D
0.5	16.602				D

- Groupe (A) : la modalité (T1)
- Groupe Intermédiaire entre (A) et (B) : les modalités (T0).
- Groupe Intermédiaire entre (A), (B) et (C) : la modalité (0.8).
- Groupe Intermédiaire entre (B), (C) et (D) : les modalités (0.1, 0.9 et 0.7).
- Groupe Intermédiaire entre (C) et (D) : les modalités (0.3, 0.2 et 0.4).
- Groupe (D) : les modalités (0.6 et 0.5).

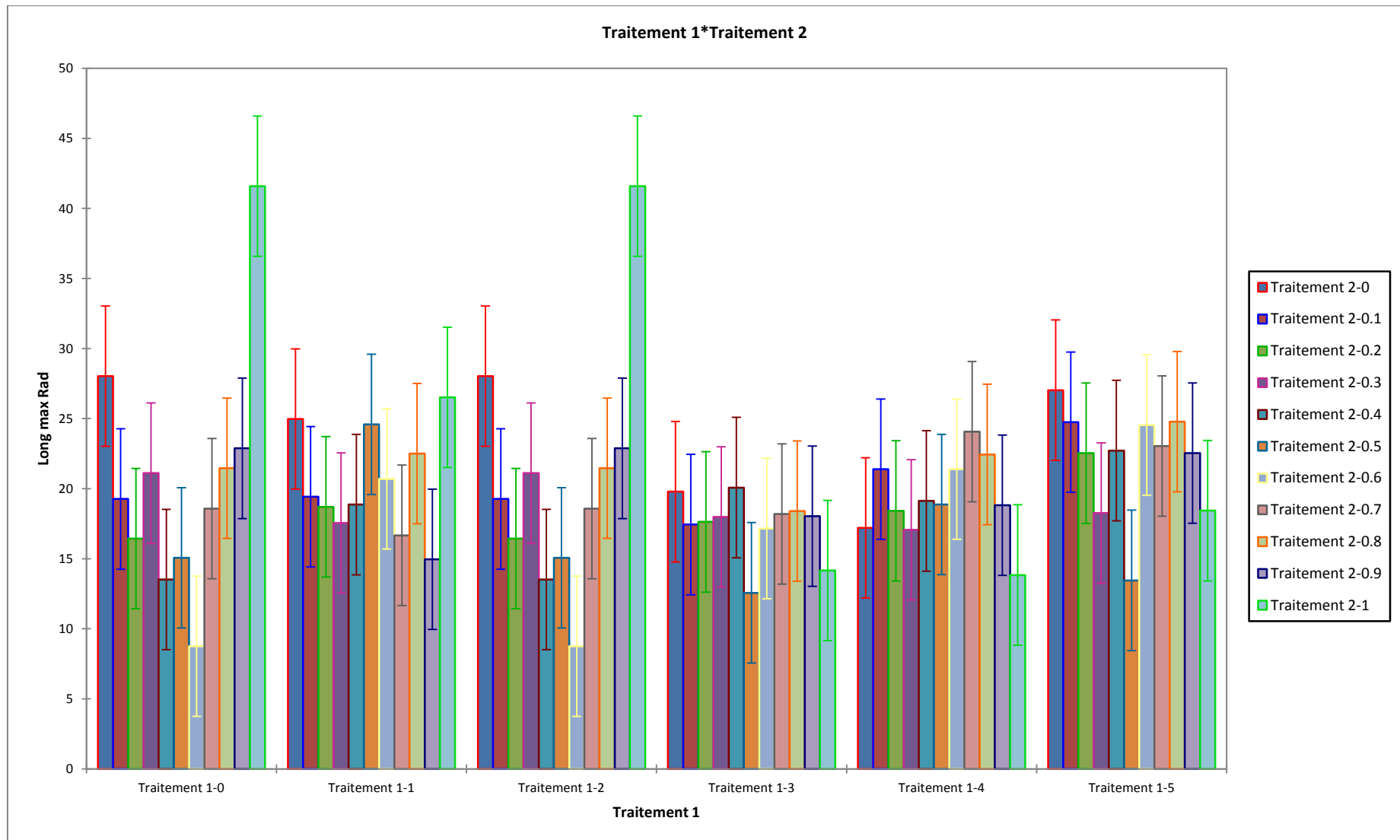


Figure 14 : Variation de longueur maximale de la racine du quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne.

**II.1.2.3. Coefficient de vélocité pour le quinoa**

Les histogrammes (**fig. 15**) illustrent les fluctuations du coefficient de vélocité de germination des graines, du quinoa, testées par les deux traitements.

Concernant le premier traitement, le coefficient de vélocité varie en fonction du temps de la mise en germination. Pour les graines semées après 1 jour, la valeur est la plus importante par rapport aux autres (18,206). Puis une petite diminution dans les lots de témoins et le 2<sup>ème</sup> jour, suivie par les graines de 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jours. Et le plus faible coefficient de vélocité est enregistré pour les graines de 5<sup>ème</sup> jour (17,306).

Le deuxième traitement pour ce paramètre les résultats obtenus montrent que les lots de 40 % (19,069) présentent des valeurs maximales et aussi que dans les lots de 50 %, 70 %, et 80 %. Et la plus faible valeur est enregistrée pour les lots de 10 % (16,972).

L'analyse de la variance (**Tab. 23**) montre qu'il y a une différence significative entre les traitements. Et le test de Newman-Keuls les a regroupés en 2 groupes différents ainsi qu'un groupe intermédiaire (modalité 3<sup>ème</sup> jour), pour le traitement 1 (**Tab. 24**) et Plusieurs groupes pour le traitement 2 (**Tab. 25**).

**Tableau 23 : Analyse de la variance de la variable coefficient de velocity.**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	234.283	3.604	7.975	< 0.0001
Erreur	132	59.658	0.452		
Total corrigé	197	293.941			

**Tableau 24 : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable coefficient de vélocité.**

Modalité	Moyenne	Groupes
1	18.206	A
0	18.111	A
2	18.111	A
3	17.777	A B
4	17.626	B
5	17.306	B



**Tableau 25 : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable coefficient de  
vitesse.**

<b>Modalité</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Groupes</b>		
0.4	19.069	A		
0.5	18.664	A		
0.7	18.660	A		
0.8	17.890		B	
0.9	17.737		B	
0.6	17.705		B	C
0.2	17.567		B	C
0.3	17.488		B	C
0	17.431		B	C
1	17.233		B	C
0.1	16.972			C

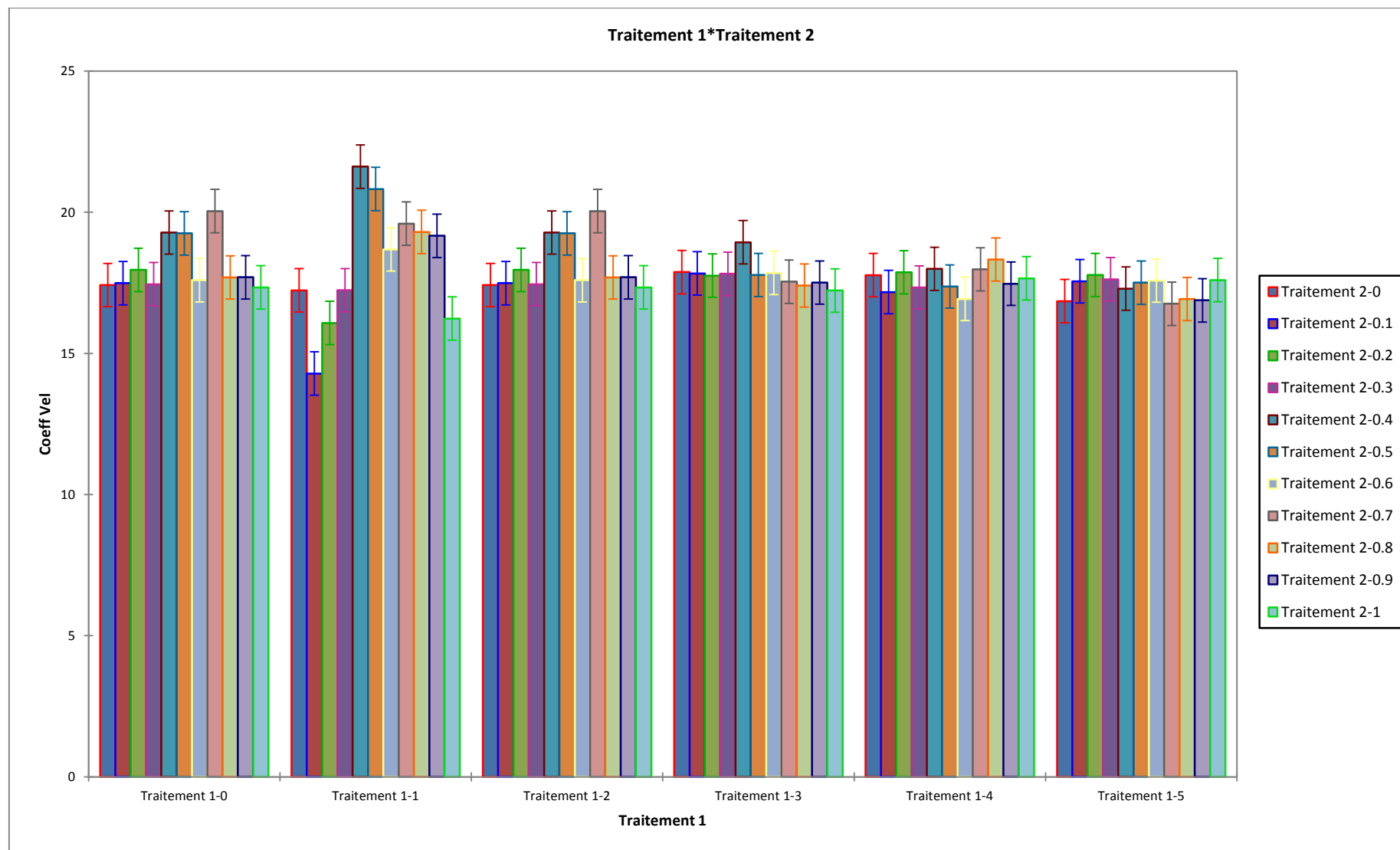


Figure 15 : Coefficient de vélocité du quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne.

**II.1.2.4. Temps moyen de germination pour le quinoa**

Les résultats concernant le temps moyen de germination (jours) sont représentés dans la **Figure 16**.

Pour le traitement du temps moyen de germination le plus élevé est inscrit chez les graines semées au 5<sup>ème</sup> jour (5.783 jours), suivi par celui des graines semées au 4<sup>ème</sup> jour (5.681 jours). Alors que ce temps moyen de germination diminue à des valeurs faibles chez les graines du témoin (5.538 jours).

Quant au deuxième traitement, nous enregistrons un temps moyen de germination pour le taux de 10% (5.933 jours). Suivi par le taux de 100 % et la plus petite valeur a été enregistrée pour le taux 40% (5.277 jours)

L'analyse de variance (**Tab. 26**) montre qu'il y a une différence significative entre les différents traitements. Et le test de Newman-Keuls les a regroupés en plusieurs groupes (**Tab. 27 et 28**).

**Tableau 26 : Analyse de la variance de la variable Temps moyen de germination (t) en jour.**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	22.605	0.348	7.581	< 0.0001
Erreur	132	6.055	0.046		
Total corrigé	197	28.660			

**Tableau 27 : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable Temps moyen de germination**

Modalité	Moyenne	Groupes
5	5.783	A
4	5.681	A B
3	5.633	A B
1	5.582	B
2	5.538	B
0	5.538	B

**Tableau 28 : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable Temps moyen de germination**

Modalité	Moyenne	Groupes			
0.1	5.933	A			
1	5.810	A	B		
0	5.741	A	B		
0.3	5.724	A	B		
0.2	5.712	A	B		
0.6	5.655		B		
0.9	5.654		B		
0.8	5.604		B	C	
0.7	5.389			C	D
0.5	5.388			C	D
0.4	5.277				D

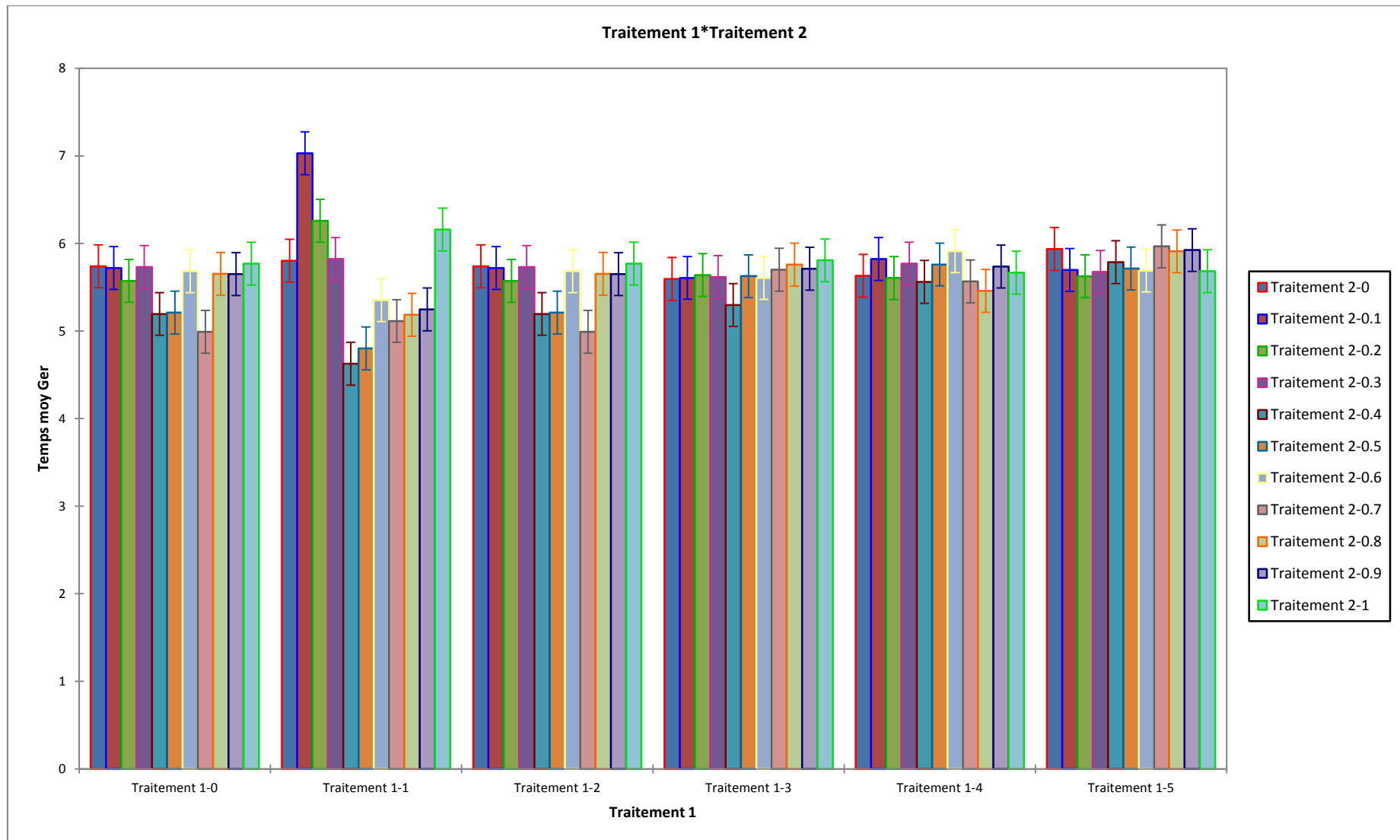


Figure 16 : Temps moyen de germination du quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne.

**II.1.2.5. Taux de germination final pour le quinoa**

La **Figure 17** représente le taux de germination final chez le quinoa en fonction du temps de semis et le taux des graines la luzerne

Pour le traitement 1, le taux de germination final le plus élevé est consigné chez les graines semés au premier jour (90.758 %), suivi par celui des graines semées au temps 0 (témoin) et deuxième jour (88.939 %). Par la suite, nous observons une diminution du taux de germination final dans les lots de 3<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> jour et le plus faible taux de germination final est enregistré pour les graines de 4<sup>ème</sup> jour (75.000 %)

Quant au deuxième traitement, nous enregistrons un taux de germination final le plus important pour le 90% (85.556%). Suivi par le taux 70 % et la plus petite valeur a été enregistrée pour le taux 100% (73.333%).

**Tableau 29 : Analyse de la variance de la variable Taux de germination final (%).**

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	65	13535.480	208.238	10.572	< 0.0001
Erreur	132	2600.000	19.697		
Total corrigé	197	16135.480			

**Tableau 30 : Test de Newman-Keuls du traitement 1 pour la variable Taux de germination final.**

Modalité	Moyenne	Groupes
1	90.758	A
0	88.939	A
2	88.939	A
3	76.364	B
5	75.606	B
4	75.000	B

- Groupe (A) : la modalité (T1.)
- Groupe (B) : la modalité (T4)
- Groupe Intermédiaire entre (A) et (B) : les modalités (T0, T2, T3 et T5).

**Tableau 31 : Test de Newman-Keuls du traitement 2 pour la variable Taux de germination final.**

<b>Modalité</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Groupes</b>
0.9	85.556	A
0.7	84.444	A
0.8	84.167	A
0.1	83.889	A
0.5	83.611	A
0.3	83.333	A
0.6	83.056	A
0.2	82.500	A
0	82.500	A
0.4	82.222	A
1	73.333	B

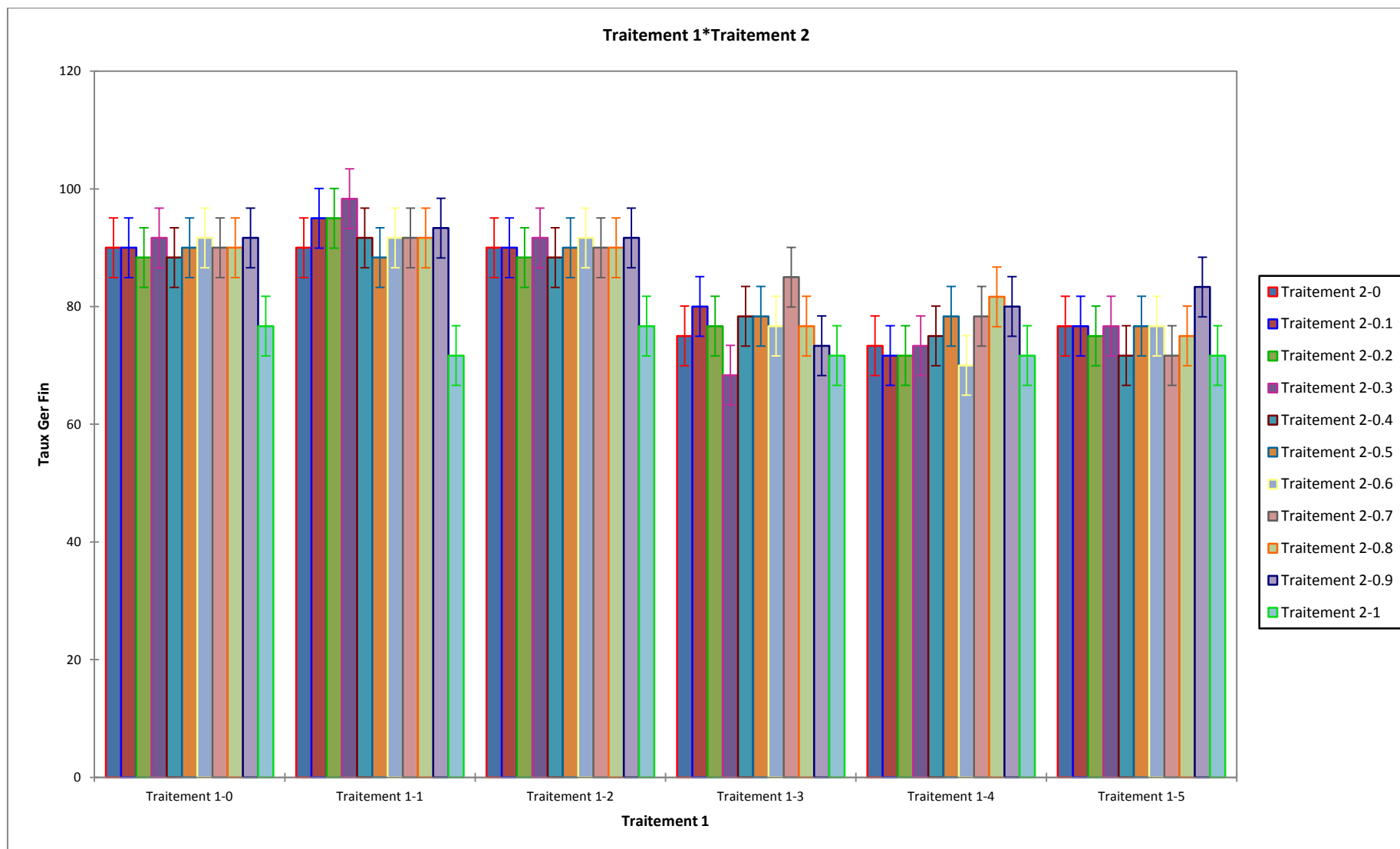
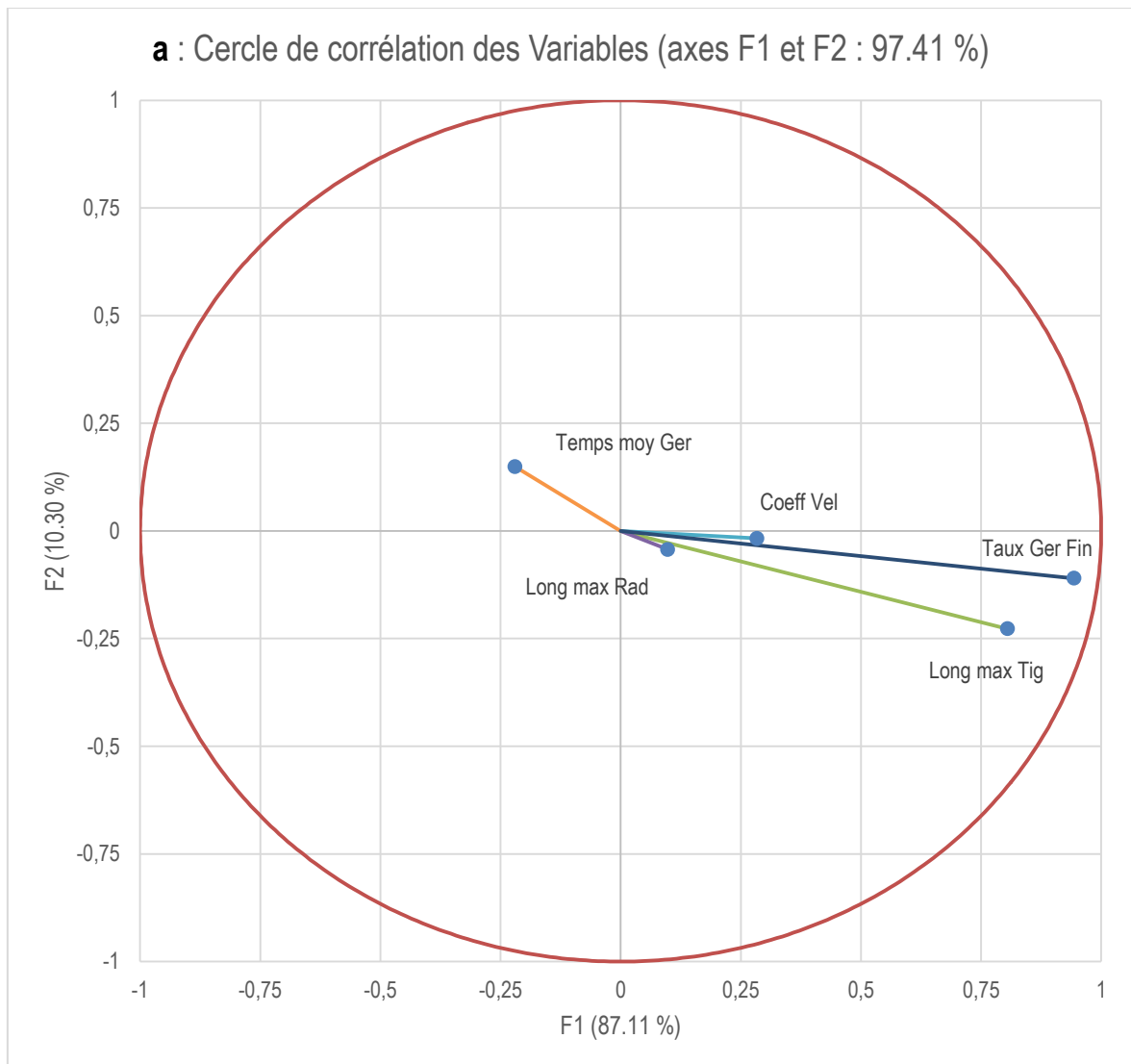


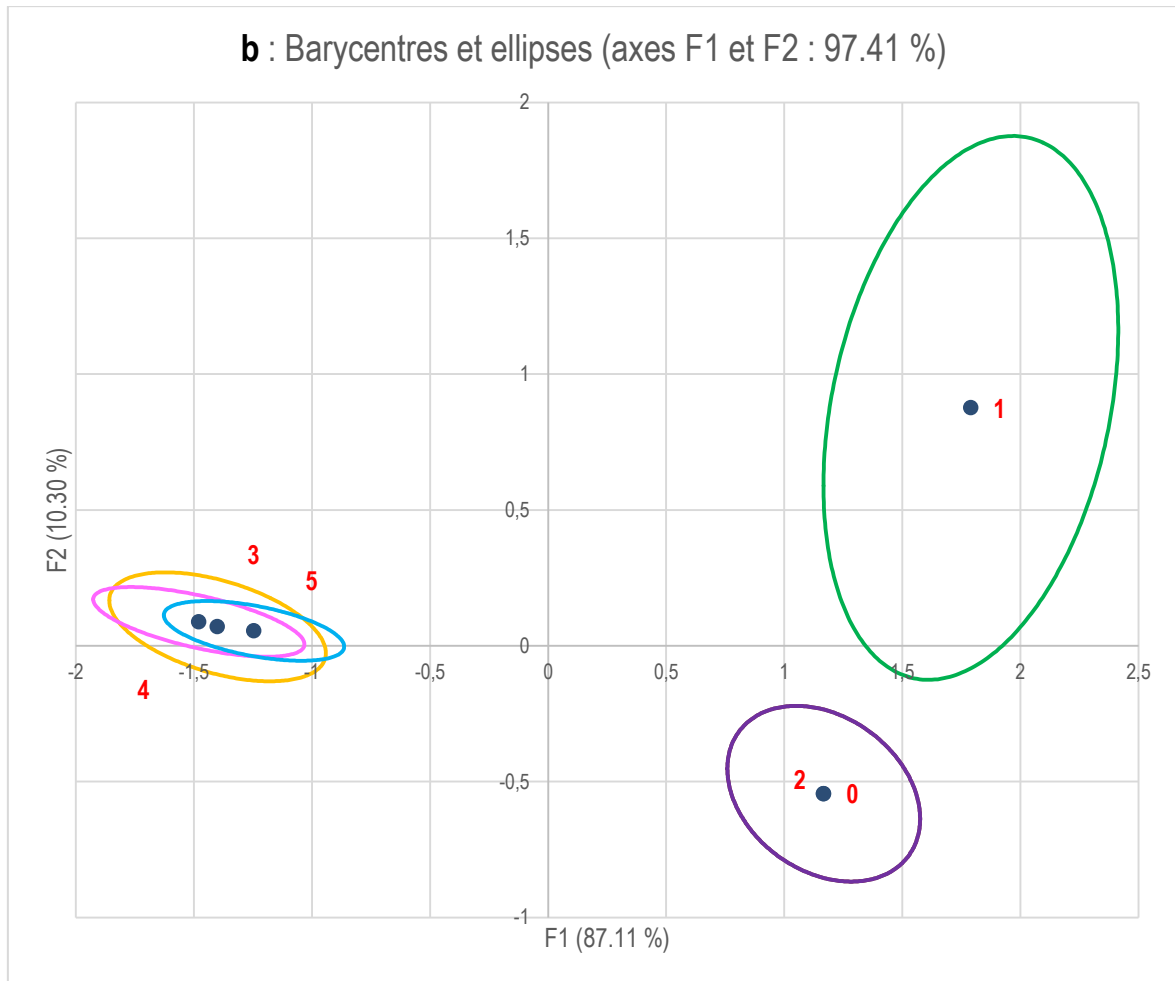
Figure 17 : Taux de germination final du quinoa en fonction du temps et le taux de graines de la luzerne.



**II.1.2.6. Analyse factorielle discriminante de l'effet de l'intervalle de temps de semis des graines de luzerne sur le quinoa**

L'AFD de l'effet des graines de luzerne sur le quinoa concernant l'intervalle de temps entre les deux semis montre dans le cercle de corrélations des variables (**Figure 18a**) que c'est la LMT et le TGF qui définissent l'axe 1 et du côté positif avec le Cv mais par une corrélation plus faible, alors que le TMG est du côté négatif. La LMR ne contribue pas beaucoup dans cette analyse (très proche du centre du cercle).





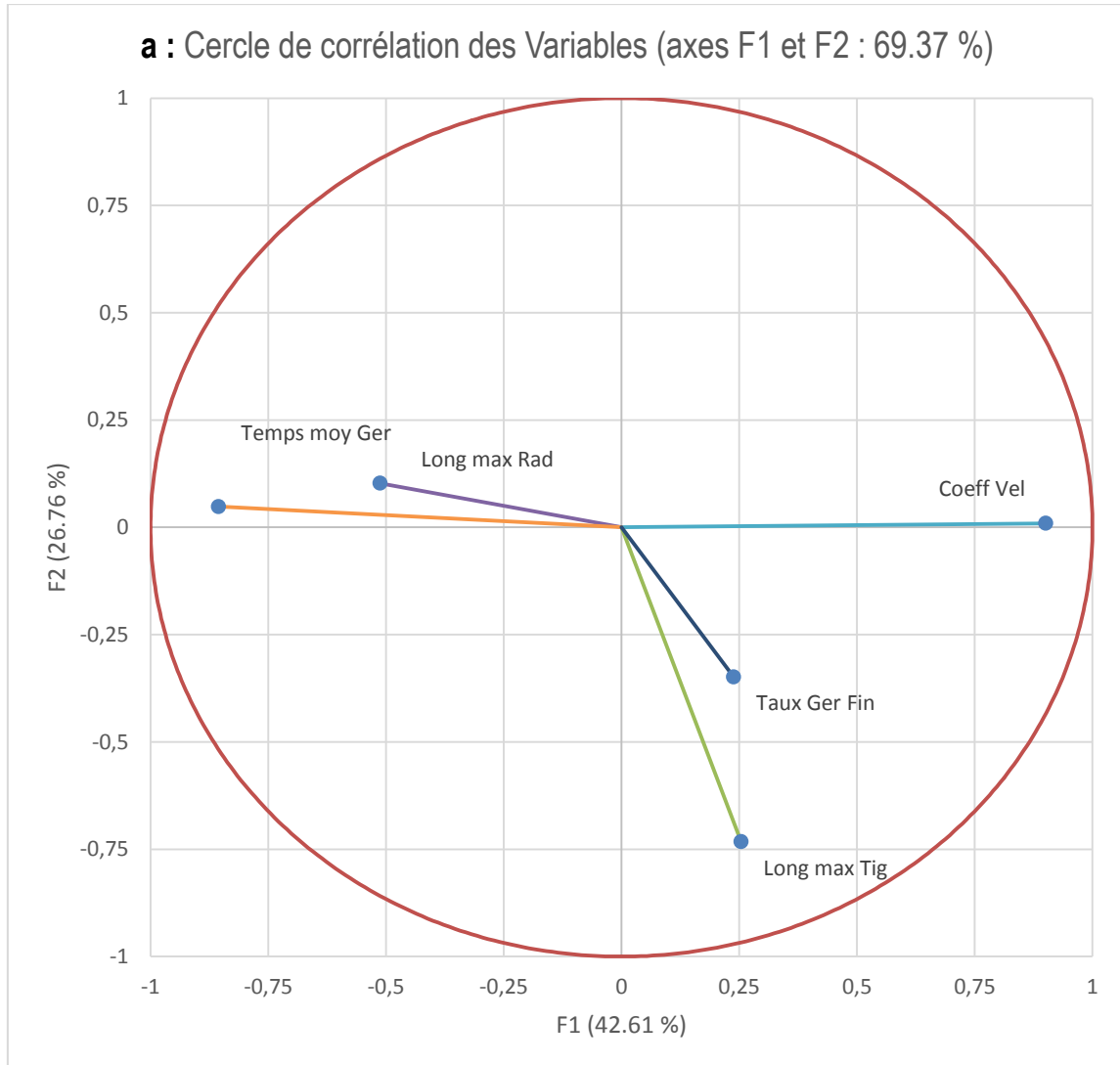
**Figure 18 : Analyse factorielle discriminante de l'effet de l'intervalle de temps de semis des graines de luzerne sur le quinoa (a : Cercle de corrélations des variables sur le plan 1-2 ; b : Barycentres et ellipses des modalités)**

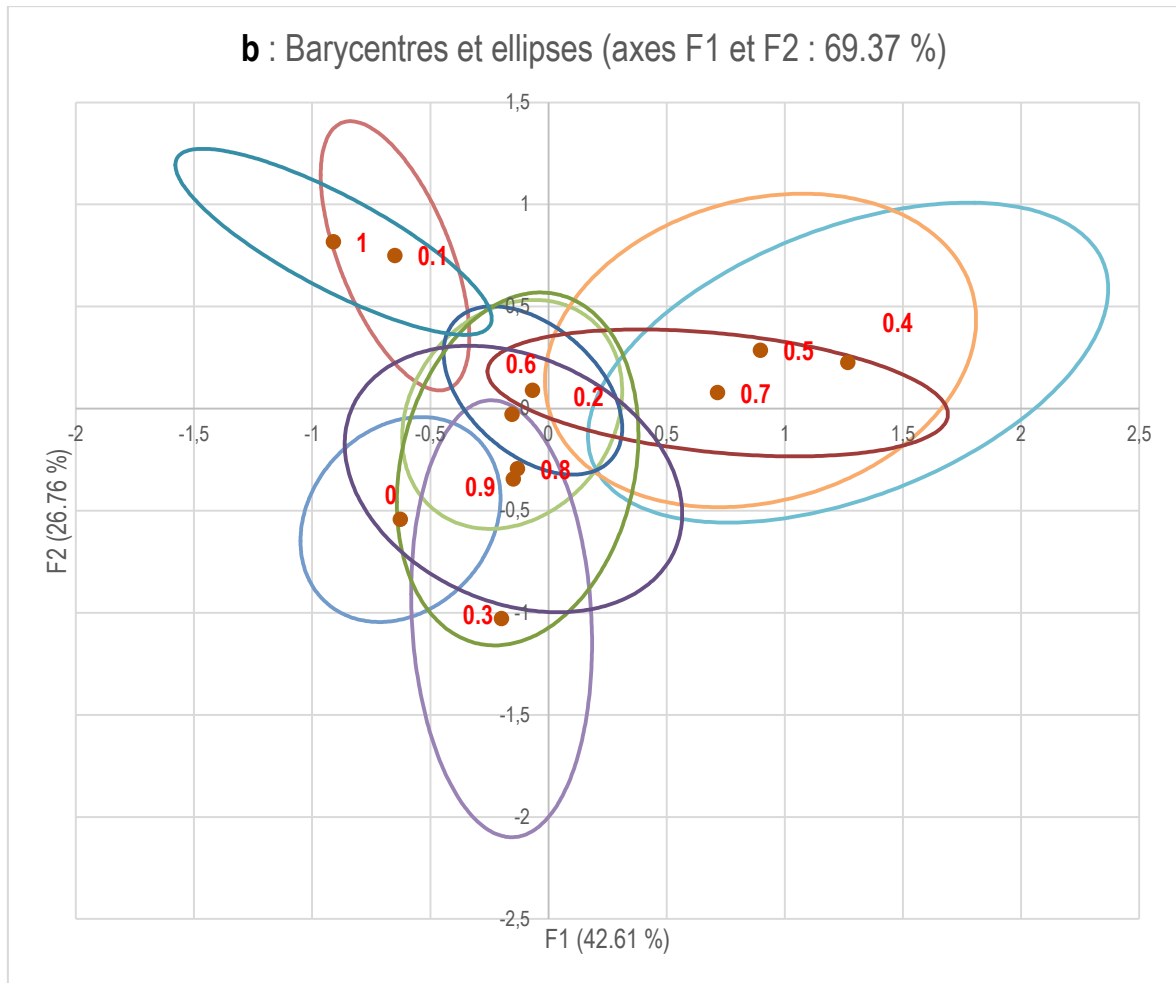
Regardant les intervalles de temps de semis (**Figure 18b**), nous isolons les intervalles 1, 0 et 2 jours du côté positif de l'axe 1 caractérisé par des valeurs supérieures de LMT et TGF et un TMG faible, le tout opposé aux intervalles 3, 4 et 5 jours. À noter que les valeurs obtenues pour l'intervalle de 1 jour sont très éloignées (écarts types importants) (aire de l'ellipse très grande).

#### **II.1.2.7. Analyse factorielle discriminante de l'effet du taux des graines de luzerne sur le quinoa**

Le cercle de corrélation des variables de l'effet du taux de graines de luzerne sur le quinoa (**Figure 19a**) illustre que sur l'axe 1, c'est le Cv qui contribue le plus du côté positif

et opposé à la LMR et bien sûr au TMG. Par contre, pour l'axe 2, ce sont la LMT et le TGF qui concourent et du côté négatif.





**Figure 19 : Analyse factorielle discriminante de l'effet du taux des graines de luzerne sur le quinoa (a : Cercle de corrélations des variables sur le plan 1-2 ; b : Barycentres et ellipses des modalités)**

La **Figure 19b** montre qu'il n'y a pas de diversification entre les différents taux de graines de luzerne sur le quinoa et les valeurs des différentes variables sont proches les unes des autres pour pouvoir les dissocier.

## **II.2. Discussion**

Notre travail vise à comparer les interactions entre les graines de la luzerne (*Medicago sativa* L.) et les graines du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) aux stades germination et post-germination.

La germination des graines est un processus biochimique et physiologique où dès le premier contact de la graine avec le stimulus exogène (eau), une enzyme amylase est synthétisée et sécrétée afin de dégrader l'amidon (albumen) pour fournir à l'embryon l'énergie nécessaire à la germination (**REGNAULT et al., 2008**). Les résultats que nous avons obtenus montrent que, le temps entre le semis, des deux espèces, et le taux de graines, de chacune d'elles, agissent d'une manière différente sur la germination et la croissance des graines des espèces testées.

L'allélopathie est une interaction chimique à distance exercée entre plants d'espèces différentes par l'intermédiaire des substances, généralement toxiques (**FORET, 2004**). **QASEM et FOY (2001)** ont noté que bien que les allélochimiques soient synthétisés dans toutes les parties de la plante, leur concentration varie d'une partie à l'autre. Selon **MULLER (1965)**, la division et l'élongation cellulaire, phases essentielles pour le développement, sont sensibles à la présence des composés allélopathiques.

L'exposition des plantes sensibles aux allélochimiques peut affecter leurs germinations, leurs croissances et leurs développements. En effet, la germination des graines est alors retardée ou le développement des plantes est inhibé. Les variations morphologiques sont observées le plus souvent aux premiers stades de développement : des effets sur l'allongement de la tige et de la racine. Ces variations peuvent être observées aux stades post-levée sur le développement des pousses et des racines. **KRUSE et al. (2000)** ont aussi montré que l'effet des substances allélochimiques se manifeste durant les variations morphologiques qui sont observées le plus souvent aux premiers stades de développement.

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**).

Dans notre cas, le traitement 1 (temps entre le semis de la première espèce et celui de la seconde) a un effet inhibiteur sur la croissance de la tige au niveau des lots de 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> jour par rapport au témoin, où le décalage dans le temps de semis de graines de quinoa provoque une diminution de LMT de la luzerne. Au contraire, un effet stimulant concernant les lots de 1<sup>er</sup> et 5<sup>ème</sup> jour. Pour le deuxième traitement (taux de graines de la première espèce par rapport à celui de la seconde espèce), nous avons observé une diminution le LMT pour les différents taux de graines de quinoa en les comparants au témoin.

Les résultats obtenus concernant l'élongation des parties racinaires chez les plantules de *M. sativa* montrent que le traitement 1 influence négativement sur la longueur maximale de la racine où l'on observe une diminution pour les différents lots par rapport au témoin. Mais pour le 1<sup>er</sup> jour l'influence est positive avec un pourcentage supérieur au témoin. A propos du deuxième traitement, nous repérons qu'il existe une relation inversement proportionnelle vu que lorsque le taux de graines de quinoa augmente, la LMR diminue.

Ces résultats se rapprochent de ceux de **BELAID et CHEHMI (2020)** qui ont montré que le traitement par l'extrait de la partie rhizosphère de quinoa stimule légèrement la germination des graines de luzerne mais le traitement par l'extrait d'inflorescences et de la partie aérienne de plante de quinoa influence négativement la croissance des plantules de *M. sativa*. En effet, **BELAID et CHEHMI, (2020)** ont observé qu'il n'y a aucun effet d'inhibition de germination enregistré chez les graines de *M. sativa* traitées par l'extrait racinaire de quinoa, et un pourcentage d'inhibition de germination est noté chez les traitements d'extrait de l'inflorescence et la partie aérienne. Et ce qui est apparu dans nos résultats (le quinoa sur la luzerne) c'est aucune inhibition de germination pour le traitement de taux par contre il y a un effet stimulant pour le traitement de temps sauf pour les lots du 5<sup>ème</sup> jour qui présentent une influence négative. De même que l'étude de **KRUSE et al., (2000)** pour qui, le traitement par l'extrait aqueux de l'inflorescence et de la partie aérienne a influencé négativement sur le processus de germination des graines, engendrant ainsi un retard dans l'initiation de la germination et un ralentissement de sa vitesse, qui provoque une diminution dans leurs taux finaux.

De même, **GHOUL et KOUIDRI (2018)** montrent que les extraits de rhizosphère stimulent la partie aérienne et racinaire de blé dur (*Triticum durum*) et de la luzerne (*Medicago sativa* L.).

Les résultats obtenus pour la germination des graines testées du quinoa montrent que les graines germent en présence des différents nombres de graines de luzerne, donc il n'y aurait aucun effet inhibiteur ni synergique sur la germination par rapport aux graines des lots témoins, et nous n'avons remarqué qu'un petit ralentissement de la germination et de la croissance racinaire (LMR, Coefficient de vélocité et Temps moyen de germination). Par contre, pour la LMT et le Taux de germination final, nous avons relevé un effet inhibiteur. Cet effet se manifeste par un retardement de la germination et du développement. Et concernant le traitement 2, nous avons remarqué un faible effet inhibiteur sur la germination et un léger ralentissement de la croissance (LMR, LMT et Taux de germination final), inversement aux Coefficient de vélocité et Temps moyen de germination pour lesquels, aucun effet inhibiteur ni synergique n'a été relevé.

Les effets visibles des substances allélopathiques sur les plantes (échec de germination des semences, réduction de croissance) ne sont que des effets secondaires des changements qui ont lieu à l'échelle cellulaire.

A travers la recherche bibliographique, on a trouvé que l'extrait aqueux de la luzerne contient plusieurs composées phytotoxiques. Le composé phytotoxique hydrosoluble de la luzerne a été caractérisé comme étant un composé phénolique (**HALL and HENDERLONG, 1989**). Ces composés phénoliques empêchent la germination et la croissance des jeunes plantes par leurs effets sur des processus métaboliques de germination et de croissance (**SALHI et al., 2013**).

Selon **ABDULRAHMAN et HABIB (1989)**, les exsudats et les résidus racinaires de la luzerne contiennent les composés phénoliques suivants : L'acide caféique, l'acide chlorogénique, l'acide isochlorogénique, l'acide p-coumarique, l'acide p-OH-benzoïque, l'acide férulique et la quercétine. Et selon **CHON et KIM (2002)** les racines de luzerne contiennent Coumarine, acide trans-cinnamique, acide hydro-cinnamique, acide m-coumarique, acide o-coumarique, acide p-coumarique, acide caféique, acide férulique et acide salicylique.

Selon **GUERMIT et MESSOUS (2020)** la germination des graines testées du quinoa germent en présence des différentes concentrations retenues en extraits aqueux de la rhizosphère de la luzerne, donc il n'y aurait aucun effet inhibiteur ni synergique sur la germination par rapport aux graines des lots témoins, et n'ont pas observé un ralentissement de la germination, et pour toutes les concentrations retenues. Par contre **GRANT et SALLANS (1964)** ont constaté que les extraits aqueux de luzerne réduisaient le pourcentage de germination de la luzerne, du trèfle rouge, de la fléole des prés, de l'herbe brome et d'autres plantes cultivées.

Pour **HAMROUNI et MANSOURI (2020)**, la germination des graines du quinoa n'est pas inhibée par l'extrait aqueux de la luzerne mais a d'autres effets sur le développement des plantules (post germination). Ainsi, ils ont observé un effet inhibiteur de l'extrait aqueux de la partie aérienne de la luzerne sur le quinoa, après la germination et non sur la germination elle-même. Cet effet se manifeste par un retardement de la germination et du développement de plantules, ce qui induit une réduction de la taille. **KRUSE et al, (2000)** ont 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 longueurs maximales des racines des nouvelles plantules atteignent des valeurs très différentes entre nombre de graines. Ces variations indiquent que la croissance des racines est retardée ce qui va influencer par la suite l'absorption et ainsi que la croissance de toute la plante.



*Conclusion*

### II.3. Conclusion

Le travail réalisé dans ce mémoire nous a permis d'avoir certaines données sur les interactions entre les graines de la luzerne (*Medicago sativa* L.) et les graines du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) aux stades germination et post-germination, matérialisées par quelques paramètres : morpho-physiologiques de germination (la longueur maximale tigelle, la longueur maximale de la radicule, ainsi que le coefficient de vélocité, le temps moyen de germination et le taux de germination final).

A travers les résultats obtenus, nous retenons que les graines du quinoa ne présentent aucun effet inhibiteur sur la germination des graines de la luzerne, par contre la post-germination est touché, le quinoa présent un effet inhibiteur et stimulateur dépend le paramètre étudié et le traitement appliqué (le temps de semé et le taux de ses graines).

Au contraire les graines de la luzerne affectent la germination et la post- germination du quinoa parce que tous les paramètres sont touchés parfois un effet inhibiteur, qu'est observé dans la longueur maximale radicule pour les deux traitements sauf que le taux 100% présent un effet stimulateur. Et un effet parfois inhibiteur et stimulateur pour les autres paramètres toujours ça dépend le paramètre étudié et le traitement appliqué.

On conclue que l'effet allélopathique de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) est plus que l'effet du quinoa sur la luzerne.

Le phénomène de l'allélopathie dépend de la concentration des substances allélochimiques, du stade de croissance, de la tolérance génétique à la toxicité de l'espèce testé. Le suivi de cette phénomène se base sur des bio-essais, et s'effectue dans des boîtes de Petri qui peut parfois représenter un effet phytotoxique totalement différent de ce qui se passe dans la nature, autrement dit, Les bio-essais ne sont pas toujours conformes aux profils de végétation observés et l'interprétation des expériences indiquant l'allélopathie peut en fait s'expliquer par d'autres phénomènes. Il faut mentionner que le sol est important, il a beaucoup d'influence. C'est pourquoi, dans les boîtes de Petri, l'effet du sol est ignoré et l'allélopathie est confirmée.

A la lumière de ces résultats, cette étude nécessite d'éventuelles études qui s'intéressent à :

- ❖ Appliquer d'autres niveaux des traitements pour comprendre bien sons effets sur la germination et la croissance.
- ❖ Etudié d'autres paramètres physiologiques pour confirmer le phénomène d'allélopathie.

*Références*

*bibliographiques*

- ALAIN D., 2017-** Interactions entre plantes dans un contexte de communauté : une approche expérimentale en Espagne et en Bolivie. Thèse de doctorat. École doctorale GAÏA : 178.
- ALAOUI M.M., EL ANTRI S., EL JOURMI L., HMYENE A., OUARZANE A., LAZAR S. et ZAHOUILY M., 2013-** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *Journal of materials and environmental*, 4(6): 997-1004.
- ANDO H., CHEN Y. C., TANG H. J., SHIMIZU M., WATANABE K. et MITSUNAGA T., 2002-** Food components in fractions of quinoa seed. *Food Science Technology Research*, 8: 80-84.
- BENHAMOUDA et GHILANI 2018-** Effet des différents doses d'extraits aqueux racinaires de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur la germination et la post-germination de ses graines Mémoire de master. Sciences Biologiques. Ouargla : université kasdi merbah ouargla. pp 21-29.
- BAZILE D., JACOBSEN S. E., et VERNIAU A., 2016-** The global expansion of quinoa: Trends and limits. *Frontiers in Plant Science* 7:1-6.
- BENIDIRE L., DAOUI K., FATEMI Z. A., ACHOUAK W., BOUARAB L. et OUFDOU K., 2015-** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L., *Journal of materials and environmental science*, 6(3) : 840-851.
- BENSELLAM, HASSANE. E. 2017-** Effet allélopathique des extraits de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur le souchet (*Cyperus rotundus* L.) et le chiendent (*Cynodon dactylon* (L.) Pers. *Revue Marocaine de Protection des Plantes*, 1 :11.
- BOUTON F., 2005-** Mise en évidence du potentiel allélopathiques de la graminée *Festuca Panuculata* dans les prairies subalpine. Rapport de stage de master 01 sciences de la vivant-biodiversité écologie environnement, University Joseph Fourier de biologie : 1-18.
- CECCATO D. V. DANIEL BERTERO H. et BATLLA D., 2011-** Environmental control of dormancy in quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds: two potential

genetic resources for pre-harvest sprouting tolerance. *Seed Science Research*, 21 : 133-141

**CHAABENA A. et ABDELGUERFI A. 2001-** Situation de la luzerne pérenne dans le Sahara et comportement de quelques populations locales et variété introduites dans le sud-est du Sahara algérien. *INAS* : 58.

**CHON S. U. et NELSON C.J., 2009-** Allelopathy in Compositae plants. A review *Agronomy for Sustainable Development* 30 (2): 349–358. Dongshin University, Gwangju 501-759, South Korea.

**CHON .S. U., JENNINGS.J. A. et NELSON C.J., 2006-** Alfalfa ( *Medicago sativa* L.) autotoxicity : Current Status, *Allelopathy Journal* 18(1): 1-24. Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju 500-712, South Korea.

**CHON S. U., 2004-** Allelopathic and Autotoxic Effects of Alfalfa Plant and Soil Extracts. *Biotechnology Industrialization Centel*; Dongshin University, Korean J. Crop Set 49(1): 7-11. Dongshin University, Naju-Si, Jeonnam 520-811, South Korea.

**CHOU C. H., 2006-** Introduction to allélopathie. *Allelopathy, A Physiological Process with Ecological Implications*: 1-9.

**Chon,S.U., Choi,S.K., Jung S ., Janga,H.G., Pyoa,B.S., et Kim, S.M., 2002.**

Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass. *Crop Protection* pp : 1077–1082.

**Chon S.U et Nelson C . J.,2001.** Effects of experimental procedures and conditions

on bioassay sensitivity of alfalfa autotoxicity *commun. Soil Science Plant Anals.*, 32(9&10), 1607–1619.

**Chon, S., J.H. Coutts and C.J. Nelson., 2000-** Effect of light, growth media and

seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. *Agron. J.,United States* 92: 715-720.

**CÔME D., 1970-** Les obstacles à la germination. *Masson et Cie.* pp. 162.

- CRONQUIST A. 1981-** An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press Science, New York : 1262.
- DEL CASTILLO, C., MAHY, G., et WINKEL, T., 2008-** La quinoa en Bolivie: Une culture ancestrale devenue culture de rente "bio- équitable". *Biotechnology, Agronomy and Society and Environment* 12(4):445-454.
- GUERMIT et MESSOUS 2020-** Effets d'extraits aqueux de la rhizosphère de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur la germination et post-germination de graines de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) mémoire de master Sciences Biologies .Ouargla :université kasdi merbah Ouargla .pp 34-35
- GUYOT L., 1978:** La biologie végétale .4<sup>ème</sup> édition. Collection "que sais -je ". Presses Universitaires de France, P 127. En mémoire de fin d'études, étude de la germination et des plantules de quelques essences spontanées de Combretaceae et Caesalpiniaceae au Burkina Faso, **GAMPINE D., 1992,** Université d'Ouagadougou.
- FORET R., 2004.** Dico de bio. Boeck, Bruxelles:28 p.
- GHOUL W., KOUIDRI S. 2018-** L'étude d'effet allélopathique de l'extraits aqueux de la rhizosphère de *Chenopodium quinoa* sur la germination de quelques espèces cultivées. Mémoire de Licence. Sciences Biologiques. Ouargla : universite kasdi merbah ouargla. p 14-17.
- HAMROUNI et MANSOURI 2020-** Effets d'extraits aqueux de la partie aérienne de la luzerne (*Medicago sativa* L.) sur la germination et post-germination de graines de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) mémoire de master. Sciences Biologies .Ouargla :université kasdi merbah Ouargla .pp 43-45
- HERBILLON M. 2015-** Le quinoa : intérêt nutritionnel et perspectives pharmaceutiques (Doctoral dissertation, Université de Rouen ).p25-35.
- INDERJIT, KEATING K.I. 1999-** Allelopathy: Principles, Procedures, Processes and Promises for Biological Control, *Advances in Agronomy*. Vol 67 : 141-231.
- IVANOV, A.I. 1988.** Alfalfa. Amerind Publishing Co., New Delhi.

- KRUSE M., STRANDBERG M. et STRANDBERG B. 2000-** Ecological Effects of Allelopathic Plants: a Review. NERI Technical Report No. 315. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. P 66.
- MAURIES M. 2003-** Luzerne culture récolte conservation. Ed. France agricole : 12-13.
- MESSIOUGH, 2016-** Etude d'une plante fourragère la luzerne *Medicago sativa* L. : imoptances phytochimiques, aspects thérapeutiques et essais microbiologiques. Thèse de doctorat.UBMA (université badjimokhtar Annaba) : 314.
- MICHAUD, R., LEHMAN, W. F., et RUNBAUGH, M. D., 1988-** World distribution and historical development. *In*: Hanson, A.A., Barnes, D. K., & Hill, R. R., (eds) Alfalfa and alfalfa improvement. Madison,WI, USA,: 25-91.
- MOLISCH, H. (1937).** Der Einfluss einer pflanze auf die andere- allelopathie. Fischer (Jena) Jena, G.O.R.
- MULLER C.H., 1965.** Inhibitory terpenes volatilized from *Salvia shrubs*. Bulletin of the Torrey Botanical Club 92 : 38-45
- QUIROS, C. F., BAUCHAN, G. R. (1988).** The genus *Medicago* and the origin of the *Medicago sativa* complex. *In*: Hanson, A.A., Barnes, D. K., & Hill, R. R., (eds) Alfalfa and alfalfa improvement. Madison, WI, USA : 25-91.
- REGNAULT-R C., PHILOGENE B. J.R., et VINCENT C. H., 2008-** Bio pesticides d'origine végétale. Ed. TEC&DOC, Paris : p546
- RICE E.L., 1984-** Allelopathy, 2nd ed., Academic Press, New York: 422.
- RIOTTE L., 2010-** Les Tomates Aiment les Carottes, Les Secrets du Bon Voisinage des Plantes dans Votre Jardin. Edisud.
- SOLTNER D., 2007-**Les bases de la production végétale, tome III, la plante, Ed. Collection sciences et technique agricole Paris: 304.



## Interactions entre les graines de la luzerne (*Medicago sativa* L.) et les graines du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) aux stades germination et post-germination

**Résumé :** La luzerne (*Medicago sativa* L.) et le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sont considérée comme des espèces allélopathiques qui ont des composés allélochimiques qui affectent des mécanismes physiologiques de plusieurs espèces. Le présent travail porte sur l'étude des interactions entre les graines de la luzerne (*Medicago sativa* L.) et les graines du quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) aux stades germination et post-germination. Pour cela, deux traitements ont été utilisés le premier est l'intervalle de temps de semis et le deuxième est le taux des graines testés.

Les résultats de cette expérience ont montré que les graines du quinoa n'ont pas d'effet significatif (inhibiteur ou stimulateur) sur la germination des graines de la luzerne, mais elles ont un effet sur la post germination ce que représente par des déférences remarquables par rapport au témoin pour les deux traitements. Par contre les graines de la luzerne présentent un effet significatif (positive et négative) sur la germination et la post germination des graine du quinoa pour les deux traitements, il convient également de noter l'effet négative des graines de la luzerne sur la longueur maximale radicule du quinoa.

**Mots clés :** *Medicago sativa* L., *Chenopodium quinoa* Willd., allélopathique, germination, post-germination.

## Interactions between seeds of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) at germination and post-germination stages

**Abstract:** Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Are considered allelopathic species which have allelochemical compounds that affect physiological mechanisms of several species. This work focuses on the study of the interactions between seeds of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and seeds of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) At the germination and post-germination stages. For this, two treatments were used the first one is the time of sow and the second is the rate of seeds tested.

The results of this experiment showed that the seeds of quinoa do not have a significant effect (inhibitor or stimulator) on the germination of the seeds of alfalfa, but they have an effect on the post germination which represents by remarkable deferences. compared to the control for both treatments. However, the seeds of alfalfa present a significant effect (positive and negative) on the germination and post-germination of quinoa seeds for the two treatments, it should also be noted the negative effect of alfalfa seeds on the maximum length radicle of quinoa.

**Key words :** *Medicago sativa* L., *Chenopodium quinoa* Willd., Allelopathic, germination, post germination.

## التفاعلات بين بذور البرسيم الحجازي (*Medicago sativa* L.) وبذور الكينوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) في مرحلتي الإنبات والانتاش

**الملخص:** يعتبر البرسيم الحجازي (*Medicago sativa* L.) والكينوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) من الأنواع الأليلوباثية التي تحتوي على مركبات أليلوكيميائية تؤثر على الآليات الفسيولوجية للعديد من الأنواع. يركز هذا العمل على دراسة التفاعلات بين بذور البرسيم الحجازي (*Medicago sativa* L.) وبذور الكينوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) في مرحلتي الإنبات وما بعد الإنبات. لهذا، تم استخدام معاملتين، الأولى هو وقت البذر والثاني هو معدل البذور المختبرة.

أظهرت نتائج هذه التجربة أن بذور الكينوا ليس لها تأثير واضح (مثبط أو محفز) على إنبات بذور البرسيم، ولكن لها تأثير على الإنبات والذي يتمثل باختلافات ملحوظة مقارنة بالشاهد. لكلا العلاجين. من ناحية أخرى، فإن بذور البرسيم الحجازي لها تأثير واضح (إيجابي وسلبي) على إنبات وإنبات بذور الكينوا بالنسبة لكلا العلاجين، كما يجب الإشارة إلى التأثير السلبي لبذور البرسيم على أقصى طول لجذر الكينوا.

**الكلمات المفتاحية :** البرسيم الحجازي، الكينوا، الأليلوباثي، الانتاش، الإنبات.