



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : **Agronomie**

Spécialité : Production végétale

Présenté par : **SAFSAF Faissal**
SALAH El Hadj Ahmed

Thème

**Contribution à la mise en place d'un essai de
quelques cultures fourragères en condition
de hors sol**

Soutenu le 27/06/2022

Devant le Jury :

Dr Boukirat D	Présidente	MCB	Univ -Tissemsilt
Mme Naimi S	Encadrante	MAA	Univ -Tissemsilt
Dr Zemour K	Examineur	MCB	Univ -Tissemsilt

Année universitaire : 2021-2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Merci avant tout au bon Dieu Allah,
Le clément, le plus puissant, le miséricordieux. Nous
remercions vivement tous ceux qui ont contribué à la
réalisation de ce travail pour leur aide précieuse. Nos
remerciements particulièrement:

Notre Encadreur **Mme Naimi S**,
enseignante à l'université de Tissemsilt, pour avoir
accepté de diriger cet étude, pour sa énorme «patience» ,
pour sa confiance, ses conseils et ses orientations tout
au long de ce travail ; nous lui adressons nos vifs
remerciements et notre haute reconnaissance, un
gigantesque Merci.

Nous remercions, **Dr Boukirat D** maitre des conférences à
l'université de tissemsilt, pour avoir accepté de présider
le jury de notre soutenance.

On remercie infiniment, **Dr Zemour K** maitre des conférences
à l'université de tissemsilt, pour l'honneur qu'il nous
fait en acceptant d'examiner et de juger ce travail,
malgré ses nombreuses préoccupations.



Dédicace

*A ma très chère mère:
Quoi que je fasse ou que je dis,*

je ne serais pas remercier comme il se doit.

*Ton affection me couvre; ta bienveillance me guide ET ta
présence a mes cotes a toujours était ma source de force pour
affronter les différents obstacles.*

A Mon très Cher père

*Tu as toujours été à mes cotes pour me soutenir ET
m'encourager.*

A mes très chers frères ET sœurs

*Puisse dieu vous Donne santé, Bonheur, courage ET surtout
réussite.*

Spécial dédicace a vous:

*Lesbah Ahmed, Mékaria Anes, Lesbah Mohamed,
Kherbi Dhaouia, Bouamama Sidahmed, Gargeur Taha.*

*A Tous mes Amis d'enfance ET du long parcours scolaire
ET universitaire.*

Safsaf faïssal





Dédicace

*A ma tender mere et mon très cher père
Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur
soutien ET leurs prières tout au long de mes études*

*A mes chères sœurs
Dalila, Djouhar, Fatima, Nawel, Amina pour leurs
encouragements permanents, et leur soutien moral,*

A Mon binôme: Faissal

A toute ma famille

Amine, Mnawar, Hadj smail Mohamed

A mes meilleurs Amis proches:

*Bilal -Imad _ Walid _Nourdine_ Amine_ Saadi _ Bounakalah,
_Negadi, _Sofiene _Sahrawi __Sidahmed _Taha _Jihad_ Feiza
_Iness_Jamilla _Ahlam*

Salah hadj Ahmed



Chapitre	Sommaire	Page
	Liste des figures	I
	Liste des tableaux	III
	Liste des abréviations	IV
	Introduction.....	01
	Partie bibliographique	
Chapitre 01	Les cultures fourragères	
	1- Définition	03
	2-Classification des plantes fourragères	03
	a- Les Graminées fourragères	03
	b- Les Légumineuses fourragères	04
	c- Les arbustes fourragers	04
	3-L'exploitation des plantes fourragères	05
	a-Production de fourrages	06
	b-Exploitation par pâturage direct	06
	➤ Le pâturage libre	06
	➤ Le gardiennage	07
	➤ Le pâturage en parcelles clôturées	07
	➤ Le pâturage au piquet	07
	➤ Le zéro-pâturage	07
	c- Coupes et conservation	07
	➤ Les coupes en vert et l'affouragement à l'auge	07
	4- Situation des cultures fourragères en Algérie	08
Chapitre 02	Les cultures de fourrage en hors sol	
	1-Aperçu sur les cultures hors sol	11
	1.1-Définition	11
	1.2- Historique	11
	1.3- Conditions	12
	a-Différents techniques de culture hors sol	12
	➤ Les systèmes sans substrat	12
	▪ L'aéroponie	12
	➤ Le système de culture sur substrat	12

2-Production hors sol de fourrage	13
2.1- Les systèmes de production	13
2.2- Les espèces cultivées	14
2.3- Les conditions de culture	15
a- Conditions d'irrigation	15
b- La fertilisation	16
c- La récolte	16
d- Le taux de matière sèche	17
3- Qualité du fourrage et valeurs alimentaires	18

Partie expérimentale

Chapitre 01

Présentation des espèces fourragères utilisées

1- L'orge	20
1.1-Exigences	20
a-Température	20
b-Eau	20
c-Sol	20
1.2- Semis	20
a-Période de semis	20
b-Densité de semis	20
c-Mode de semis	20
d- Profondeur de semis	21
1.3- Variétés	21
1.4- Fertilisation	22
a- Fumure de fond	22
b- Fertilisation azotée	22
1.5- Cycle végétatives	23
1.6- Récolte	23
1.7- L'utilisation	23
2- Luzerne	24
2.1- Exigences	24
a- Température	24
b- Eau	24
c- Sol	24

2.2- Semis	25
a- Période de semis	25
b- Densité de semis	25
c- Mode de semis	25
d- Profondeur de semis	25
2.3- Variétés	25
2.4- Fertilisation	25
a- Fumure de fond	25
b- Fertilisation azotée	25
2.5- Cycle végétatives	26
2.6- Irrigation	26
2.7- Utilisation.....	26

Chapitre 02

Matériel et Méthode

1- Objectif de l'expérimentation	27
1.1- Localisation de l'essai	27
1.2- choix des espèces fourragères.....	27
1.3- Conduite de la culture de fourrage hors sol	28
1.3.1- protocole expérimentale	28
1.3.2- Phase de germination ou de culture	28
1.4- Dispositif expérimental	29
1.5- irrigation.....	30
1.6- La composition de solution nutritive	30
1.7- Paramètre étudiée	31
a- Hauteur de la tige.....	31
b- le poids frais de la biomasses.....	31
c- le poids sec de la biomasse.....	31

Chapitre 03

Résultats et discussion

3.1. Présentation des résultats.....	32
3.2. discussion des résultats.....	43
1-Poids de la masse végétative d'orge	43
2-La hauteur de tige de l'Orge	43
3-le poids de la masse végétative de la Luzerne	43
4-la hauteur de tige de la Luzerne	43

5-la matière sèche.....	43
Conclusion.....	45
Références bibliographiques.....	46
Annexes.....	/
Résumé	

Figures	Liste des figures	Page
N° 01	Les différents modes d'exploitation des plantes fourragères.....	05
N° 02	Jardins suspendus de Babylone	12
N° 03	Culture du fourrage hydroponique.....	13
N° 04	Cycle végétatif de l'orge.....	23
N° 05	Cycle végétatif de la luzerne.....	26
N° 06	faculté de science et technologie Tissemsilt (Photo réelle 2022).....	27
N° 07	Les échantillons de semences (photo réelle 2022).....	28
N° 08	Lavage des graines d'orge et luzerne (photo réelle ,2022).....	28
N° 09	Disposition des graines d'orge e luzerne dans les boîtes d'aluminium (photo réelle ,2022).....	29
N° 10	Engrais complexe (N.p.ks)utilisée dans notre travail	29
N° 11	Schéma représentant notre travail.....	29
N° 12	Préparation de la solution nutritive.....	30
N° 13	Mesure de PH, CE de solution nutritive	31
N° 14	Nos échantillons (luzerne et orge) après séchage (photos réelle 2022.....	31
N° 15	L'effet de solution nutritive et l'eau de robinet sur le poids (g) des cultures de 8eme jour.....	32
N° 16	L'effet de solution nutritive et l'eau de robinet sur la taille (cm) des cultures de 8eme jour.....	33
N° 17	L'effet de solution nutritive et l'eau de robinet sur le poids (g) des cultures de 9eme jour.	34
N° 18	L'effet de solution nutritive et l'eau de robinet sur la taille (cm) des cultures de 9 eme jour.....	35
N° 19	L'effet de solution nutritive et l'eau de robinet sur le poids (g) des cultures de 10eme jour.....	36
N° 20	L'effet de solution nutritive et l'eau de robinet sur la taille (cm) des cultures de 10 eme jour.....	37
N° 21	L'effet de solution nutritive et l'eau de robinet sur le poids (g) des cultures de 14eme jour.....	38
N° 22	L'effet de solution nutritive et l'eau de robinet sur la taille (cm) des cultures de 14 eme jour.....	38
N° 23	Production de la matière sèche	40
N° 24	Evolution des poids des cultures selon les jours	41
N° 25	Evolution des tailles des cultures selon les jours	42

Tableaux	Liste des tableaux	Page
N° 01	Situation fourragère en Algérie (1999-2005).....	08
N° 02	Superficies des espèces fourragères cultivées, consommées en sec et en vert	09
N° 03	Temps de germination. Selon l'espèce (buard, 2011; dougoud chavannes, 2009)	14
N° 04	Besoins en eau de quelques espèces conduites en hydroponie	15
N° 05	Stade de récolte de quelques fourrages hydroponiques	17
N° 06	Taux de matière sèche de quelques espèces conduites en hydroponique....	17
N° 07	Composition de l'orge grain et hydroponique (6-8 j).....	18
N° 08	Les principales variétés d'orge en Algérie.....	21
N° 09	Composition chimique de la solution nutritive retenue pour l'irrigation des plantes	30

Liste des abréviations

Abréviations	Signification
CTA	Centre technique de coopération agricole et rurale.....
MS	Matière sèche.....
NFT	Techniques de film nutritif.....
EC	Conductivité électrique.....
FVH	Fourrage vert hydroponique.....
FAO	Food and agriculture organisation.....
PH	Potentiel d'hydrogène.....
N	Azote.....
P	Phosphore.....
K	Potassium.....
Ca	Calcium.....
Mg	Magnésium.....
S	Soufre.....
Na cl	Chlorure de sodium.....
SN	Solution nutritive.....
Na	Sodium.....
Cu	Cuivre.....
Fe	Fer.....
Zn	Zinc.....
UFV	Unité fourragère viande.....
PDIE	Protéines Digestibles Dans l'intestin Grêles Limitées Par l'énergie.....
PDIN	Protéines Digestibles Dans l'intestin Grêles Limitées Par l'azote.....
ITGC	Institut technique des grandes cultures.....
NDF	Neutral détergent fibre.....
ADF	Acide détergent fibre.....
P2Os	Phosphore assimilable.....
K2o	Oxyde de potassium.....
So3	Trioxyde de soufre.....

INTRODUCTION

Introduction

L'Algérie a mis en place, depuis les années 2000, une politique visant l'amélioration de la sécurité alimentaire Nationale, le développement de certaines filières agricoles prioritaires et la mise en valeur des terres. Ceci a induit que le secteur agricole était le moteur de la croissance économique du pays au cours des deux dernières décennies (**Bessaoud et al, 2019**).

Néanmoins, Seul 30 % de la SAU reçoit plus de 400 mm de pluie par an et les zones arides et semi-arides représentent 85 % de la superficie totale des terres. Par ailleurs, la médiocrité du réseau hydrographique, sa structure et les faibles écoulements, n'ont pas favorisé l'aménagement d'un espace agricole intensif. Ainsi, en 2017, plus de la moitié des 8,5 millions d'ha que compte la SAU est consacrée au système de culture céréales-jachère (**Bessaoud et al, 2019**).

La production animale est associée à toutes les pratiques agricoles et donc directement liée à son développement surtout que l'Algérie est un pays à vocation pastorale et fourragère en premier lieu. Malheureusement, le cheptel est sous-alimenté, la production fourragère est très limitée et les ressources pastorales restent aléatoires et s'amenuisent d'année en année ; les conséquences se manifestent à travers les faibles productions animales et en particulier la production laitière (**Abdelguerfi et al, 2008**). Ainsi, pour le cheptel ovin, les parcours ne suffisent plus, entre l'irrégularité des précipitations et la dégradation des sols (peu profond, salinisations) entraînant un délaissement des ressources génétiques naturelles (**Arbouche et al, 2008**).

L'idéal est d'assurer une alimentation optimale ou du moins acceptable pendant la période critique ou sèche. Les fourrages verts cultivés en « hors sol » ont un avantage d'avoir une production de qualité tout au long de l'année. Cette tendance se développe de plus en plus chez les éleveurs en l'occurrence l'utilisation d'orge germée comme fourrage pour ruminants (**Benfadel et Mekouar, 2019**).

La culture hydroponique peut répondre du moins partiellement à la problématique de l'insuffisance de l'alimentation animale. Elle permet de faire pousser la plantule et ses racines dans l'eau dans un environnement contrôlable. Elle représente actuellement une mutation technique importante dans les exploitations agricoles, rentable moyennant une optimisation maximale de quelques facteurs de production (**Sedki et Mimouni, 1995**).

Introduction

Dans l'objectif de mieux connaître les systèmes de production de fourrages en hors sol et les facteurs externes qui les influencent, nous avons essayé de contribuer à travers notre essai de mise en culture de deux cultures fourragères (Orge et Luzerne) dans des conditions d'hydroponie contrôlée.

Pour cela, nous avons adopté la structure suivante pour notre mémoire de fin d'étude :

- Introduction

- Partie I : une synthèse bibliographique, elle comporte deux chapitres :
 - Chapitre 1 : Les cultures fourragères
 - Chapitre 2 : Les cultures fourragères en hors sol

- Partie II : Partie expérimentale : avec trois chapitres :
 - Chapitre 1 : Présentation des espèces fourragères utilisées
 - Chapitre 2 : Matériels et Méthodes : protocole expérimentale et les paramètres suivis
 - Chapitre 2 : Résultats et discussions : présentation des résultats et interprétations

PARTIE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE 01:
LES CULTURES FOURRAGÈRES

1- Définition :

L'expression "fourrage" désigne toute plante herbes forestières, céréales, maïs, pailles, racines et tubercules utilisée pour nourrir les animaux, principalement les ruminants, Les produits des fourrages sont consommés soit frais (pâturage ou distribution verte), soit après récolte et stockage sous forme sèche (foin à l'air libre ; ventilé) ou sous forme humide (ensilage). **(Renaud, 2002)**, L'une des raisons de l'importance particulière des plantes fourragères dans le monde est la grande quantité de terres consacrées à l'élevage. Quatre milliards d'hectares, soit environ 80% des terres utilisées pour la production agricole, sont utilisés pour nourrir le bétail. **(Van Damme et Patrick, 2014)**.

Les fourrages ne servent pas seulement à nourrir le bétail ; ils peuvent également contribuer à la fertilité des sols, à la nutrition humaine et à la séquestration du carbone. **(Sraïri, 2015)**.

2- Classification des plantes fourragères :

Les fourrages sont constitués de plusieurs familles végétales, dont deux grandes familles qui constituent la base des peuplements végétaux naturels (populations prairiales) et regroupent un grand nombre d'espèces cultivables, Les graminées sont la première et la plus grande famille, les céréales étant l'espèce la plus importante, Les légumineuses sont la deuxième plus grande famille, et elles jouent un rôle important dans la fixation de l'azote.

D'autres fourragers intéressants appartiennent à d'autres familles et sont adaptés à des milieux spécifiques, comme le cactus (famille Cactaceae) pour les régions sèches, l'Atriplex (famille Chénopodiacées) pour les terres arables peu salinisées, l'Artemisia (famille Asteraceae) pour les steppes arables, et d'autres variétés d'arbres et d'arbustes.

a- Les Graminées fourragères :

Les graminées fourragères sont des plantes monocotylédones (famille des Poaceae) utilisées pour l'alimentation animale, sous forme de pâturage, foin ou ensilage. **(Raynal et al., 1989)**. Elles peuvent être plantées en prairies temporaires, en culture pure, en mélange, ou en association avec une légumineuse fourragère (exemple : le Trèfle). Ce groupe très homogène se distingue par une crête élancée, cylindriques, allongées feuilles, engainantes, inflorescence en épi ou panicule, composé de petites fleurs vertes disposés en feuilles.

Selon la durée du cycle de développement, les graminées peuvent être annuelles ou vivaces :

- ✓ Les annuelles ne se développent qu'en saison des pluies, le maintien d'une espèce

- ✓ Endémique d'une année sur l'autre nécessite la formation de graines mûres, processus qui peut être entravé par une exploitation intensive des plantes.
- ✓ Les vivaces (ou pérennes) persistent plusieurs années du fait de leurs racines et de leur capacité (Guerin et al.,2014).

b- Les Légumineuses fourragères :

Les légumineuses fourragères sont des plantes ou un mélange de plantes utilisées pour l'alimentation des animaux d'élevage, entre autre la luzerne (*Medicago sativa*), le soja (*Glycine max*), le trèfle violet, le trèfle blanc et autres légumineuses. Ils représentent 27% de la production de culture primaire dans le monde (Vance et al., 2000). Lorsqu'elles sont correctement utilisées, elles représentent de riches sources de protéines, de fibres et d'énergie. Même dans l'élevage intensif et la production laitière, où les cultures de céréales sont d'importantes sources d'alimentation. Les légumineuses fourragères sont nécessaires pour préserver la bonne santé des animaux (Wattiaux et Howard, 2001), Elles ont été la base de la production de viande et de lait pendant des siècles (Russelle, 2001).

En effet, riches en azote et très digestibles, les légumineuses permettent d'obtenir des performances animales élevées, tant au pâturage qu'avec des rations hivernales, et de faire des économies importantes d'aliments concentrés protéiques. Elles présentent également des effets intéressants par rapport à la santé des animaux, à leurs rejets dans l'environnement et à la qualité du lait et de la viande. Ces effets peuvent provenir des tannins condensés, présents dans le sainfoin par exemple, et du polyphénol oxydase présente dans le trèfle violet, qui modifient le métabolisme des protéines et des lipides du fourrage dans le tube digestif. Les tannins condensés ont également des propriétés antihelminthiques et antiméthanogènes. (Delaby et al., 2016.)

c- Les arbustes fourragers :

De nombreuses espèces ligneuses des régions chaudes ont un intérêt fourrager.

Les herbivores s'alimentent non seulement en broutant leurs feuilles mais aussi leurs fruits et parfois leurs fleurs. Cependant, seules quelques espèces d'arbres et d'arbustes montrent des qualités fourragères suffisamment intéressantes pour qu'elles soient cultivées.

Dans les zones arides ou semi-arides, les arbres se couvrent de feuilles nouvelles ou fructifient abondamment en fin de saison sèche. Les ligneux fourragers apportent alors aux herbivores un complément alimentaire important en fin de saison sèche, au moment où le fourrage herbacé se fait rare et a une faible valeur nutritive.

Le fourrage ligneux, grâce aux matières azotées qu'il fournit, permet alors une meilleure digestion microbienne des matières cellulosiques des pailles dans le rumen. En outre, il est riche en éléments minéraux et en certaines vitamines, par exemple la vitamine A dont les carences rendent les animaux « aveugles » ou incapables de voir la nuit en zone sahélienne ainsi que les carences en Phosphore, Cuivre, Zinc, Sodium et Carotènes. Ce type de fourrage permet aussi d'éviter aux animaux une grande perte de poids avant l'arrivée de la saison des pluies.

En effet dans les zones arides et semi-arides, même avec des reliquats de pailles sèches sur les parcours, les fourrages ligneux peuvent représenter jusqu'à 30 % du régime alimentaire quotidien des bovins, 50 % de celui des ovins et 80 % de celui des caprins (Rippstein et al, 2001).

3- L'exploitation des plantes fourragères :

Une fois le site de la culture déterminé et les espèces fourragères choisies mises en place, le producteur doit gérer au mieux l'utilisation de la production de fourrage, de façon à obtenir, sans dégradation du milieu, une production animale rentable et durable.

Les animaux peuvent se nourrir directement au pâturage (herbe, feuilles d'arbre), ou consommer des fourrages coupés, soit distribués frais immédiatement après la coupe (affouragement en vert ou zéro pâturage), ou conservés et distribués sous forme essentiellement de foin ou d'ensilage. Le choix des différentes formes d'utilisation dépend de plusieurs paramètres naturels, techniques et socioéconomiques tels que le climat, le type de sol, les espèces cultivées, les espèces animales et le système de production.

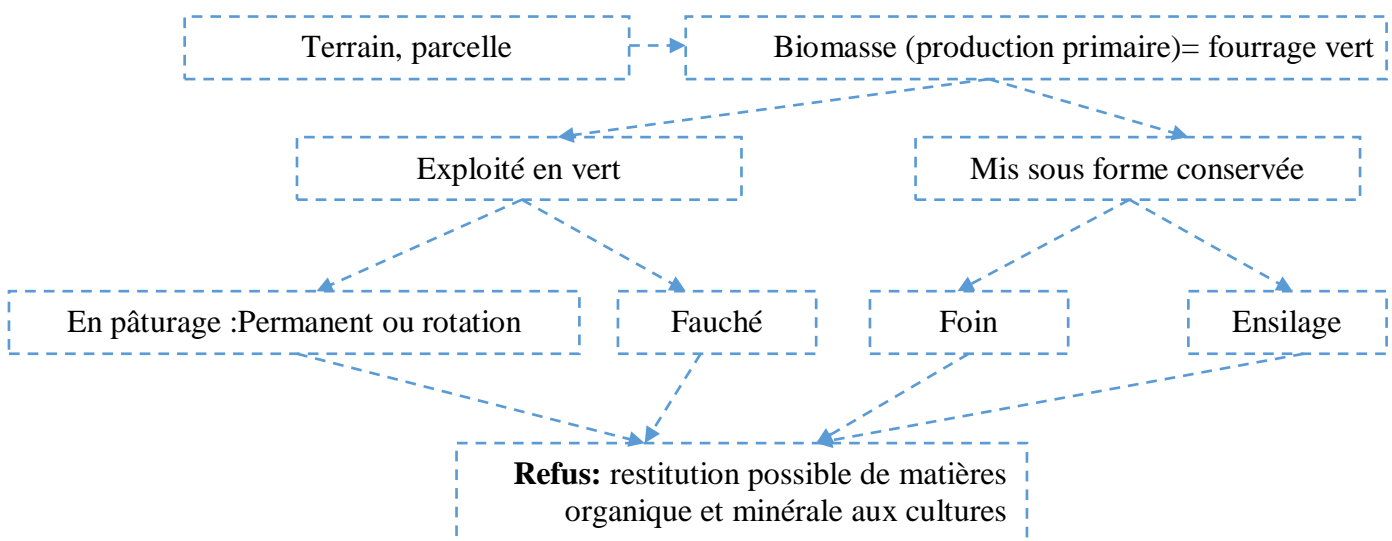


Figure n°01 : Les différents modes d'exploitation des plantes fourragères. (klein et al., 2014).

a- Production de fourrages :

Selon le groupe CTA, 2014 La production de fourrage est évaluée généralement en mesurant, par des coupes au ras du sol, sur une surface connue, la biomasse présente. Ces coupes donnent une estimation de la biomasse verte (ou appelée biomasse brute) de la production aérienne du fourrage. Pour la comparer à d'autres productions, il est nécessaire d'obtenir une biomasse sèche exprimée en matière sèche (MS), c'est-à-dire pratiquement sans eau, par un séchage au soleil, ou mieux, après passage dans une étuve (jusqu'à ce que l'eau soit complètement évaporée et l'obtention d'un poids constant de l'échantillon).

Elle est exprimée en gramme de MS par mètre carré ou en kilogramme ou tonne de MS par hectare. Pour prendre en compte les variations saisonnières, on peut aussi exprimer cette production pour une période donnée (g MS/m² par jour, par mois ou par saison) ; c'est une bonne expression de la productivité.

Les productions annuelles de fourrages sont extrêmement variables selon les familles de plantes, les structures du couvert, les zones agro-écologiques, les modes d'exploitation, etc. Elles sont également variables selon la saison, car elles dépendent à la fois du cycle biologique des espèces, du climat (précipitations, températures, ensoleillement et évapotranspiration) et du sol (capacité de rétention de l'eau). La valeur fourragère, notamment des graminées, diminue rapidement avec l'évolution des stades biologiques ou avec l'augmentation des temps de repousse (Philippe, 2014).

b- Exploitation par pâturage direct :

L'exploitation par la pâture réduit le temps de travail de l'exploitant, puisque la récolte est assurée directement par l'animal lui-même. De plus, une partie des nutriments ingérés est restituée au sol, mais l'exploitation directe présente aussi quelques inconvénients comme le gaspillage et la dégradation de la flore, que l'on peut toutefois limiter par une gestion du pâturage adaptée (Klein et al, 2014) .

Les éleveurs ont le choix entre cinq modes de conduite, très souvent combinés entre eux selon les saisons et les systèmes (Daget et Godron, 1995):

➤ **Le pâturage libre :**

Est répandu partout où les surfaces pâturables sont importantes et le plus souvent non attribuées et non clôturées. La mobilité des troupeaux est forte et la main-d'œuvre est abondante et peu onéreuse. Les animaux se déplacent librement, en cherchant eux-mêmes le fourrage et eau, et reviennent éventuellement dans un enclos la nuit.

➤ **Le gardiennage :**

Est très souvent associé au pâturage libre partout où la mobilité est importante.

Les animaux sont gardés par un berger qui choisit les lieux de pâture et d'abreuvement, rythme les différentes activités et empêche les animaux d'aller dans les champs cultivés.

➤ **Le pâturage en parcelles clôturées :**

Est répandu partout où les surfaces sont attribuées et des élevages suffisamment rémunérateurs pour rentabiliser l'investissement. La taille des parcelles est variable, certaines peuvent couvrir plusieurs centaines d'hectares. Le parcellaire permet une délimitation nette, un contrôle de l'accès au pâturage et surtout des modes de gestion des pâturages favorables à une intensification des productions animales et végétales.

➤ **Le pâturage au piquet :**

Est pratiqué par des agriculteurs-éleveurs qui ne disposent pas de pâturages, ou qui utilisent des pâturages non clôturés, et qui ont un petit nombre d'animaux. Le piquet est déplacé chaque jour ou deux fois par jour sur une surface nouvelle et la longueur de la corde doit assurer l'accès à une quantité suffisante de fourrage. Cette technique, très utilisée notamment aux Antilles et à Mayotte, peut être considérée comme une forme intensive du pâturage en rotation.

➤ **Le zéro-pâturage :**

Est bien adapté aux productions intensives et aux élevages dans des zones périurbaines. Le fourrage et les aliments compléments sont apportés aux animaux qui sont immobilisés dans un lieu fixe.

c- Coupes et conservation :

Le pâturage, mode de récolte le plus fréquent et le plus économique, le fourrage peut être coupé, puis soit distribué immédiatement après la coupe, affouragement en vert ou zéro pâturage, soit conservé et distribué sous forme de foin, d'ensilage ou d'herbe déshydratée (Klein et al., 2014).

➤ **Les coupes en vert et l'affouragement à l'auge :**

D'après le groupe de (CTA, 2014), l'herbe est fauchée et éventuellement hachée, puis transportée sur le lieu d'utilisation, avant d'être placée dans une auge pour qu'elle reste propre. Elle est renouvelé chaque jour, les refus sont retirés et peuvent être compostés ou incorporés à la litière pour produire du fumier.

Il est indispensable de respecter une hauteur optimale de coupe (10 cm environ) et de sectionner les herbes avec netteté pour permettre à la plante de repousser immédiatement.

Ce mode d'exploitation permet de réduire au minimum le gaspillage, l'éleveur choisit les plantes ou les parties de plantes qu'il récolte et les quantités distribuées. Ce mode d'alimentation est réservé à des animaux gardés dans un espace confiné, une cour ou une étable, par exemple les vaches laitières élevées pour nourrir la famille ou pour la vente de lait à proximité, les animaux à l'engraissement, les bêtes de trait et, éventuellement, les animaux malades en cours de soin et les veaux au sevrage.

Si l'affouragement doit être assuré toute l'année, il faut une croissance permanente du fourrage ou disposer d'une surface supplémentaire réservée à la saison de faible végétation. De tels animaux reçoivent généralement des compléments alimentaires. L'éleveur peut aussi avoir occasionnellement recours à des fourrages conservés.

4- Situation des cultures fourragères en Algérie :

L'Algérie s'étend sur 2.4 millions de km², et de cette superficie totale du pays, seulement 3.3% sont à vocation agricole (Abbas et al., 2006). Le désert occupe les 4/5èmes du pays et le 1/5 est largement occupé par les étages bioclimatiques arides et semi arides. Les étages subhumides et humides couvrent des surfaces plus restreintes.

En 2005, la production fourragère occupait une superficie de 42 380 630 ha (Tableau 1.1), la partie majeure étant utilisée pour les pacages et parcours soit 77% de la surface totale.

Tableau n°01 : Situation fourragère en Algérie (1999-2005)

Année	Cultures Fourragères		Jachère		Prairies Naturelles		Pacages et Parcours		Total	
	Superficie (Ha)	%	Superficie (Ha)	%	Superficie (Ha)	%	Superficie (Ha)	%	Superficie (Ha)	%
1999	368 130	1.04	3 641 000	10.24	35 000	0.10	31 504 000	88.62	35 548130	100
2000	458 050	1.27	3 521 290	09.83	35 230	0.10	31 794 320	88.78	35 808890	100
2001	331 270	0.92	3 743 420	10.39	30 900	0.09	31 914 760	88.60	36 020350	100
2002	401 310	1.10	3 733 750	10.43	23 640	0.07	31 624 770	88.79	35 778000	100
2003	571 810	1.40	3 701 470	09.06	25 950	0.10	31 635 240	77.50	40 817940	100
2004	637 223	1.50	3 382 880	08.00	25 434	0.10	32 824 410	77.80	42 209600	100
2005	628 889	1.48	3 589 890	08.47	26 070	0.10	32 821 550	77.40	42 380630	100

(MADR, 2006)

Le déficit fourrager est chronique et l'alimentation du cheptel repose essentiellement sur les ressources fourragères et pastorales provenant des milieux naturels (parcours, maquis, jachère) (Abbas et Abdelguerfi, 2005). A la fin de la décennie, les surfaces des cultures fourragères ont augmenté avec 821 102ha en 2016 (MADR, 2006). Les fourrages cultivés sont localisés, en majeure partie, dans les zones humides et subhumide et couvrent moins de 17% de la superficie réservée à l'ensemble des cultures herbacées. Les fourrages cultivés sont eux même dominés par les fourrages utilisés en secs (plus de 81%) (Tableau.2), essentiellement, de la vesce avoine, alors que la luzerne et le sorgho sont peu représentés (1 à 5% de la superficie cultivée) (Hammadache, 1998). La surface dédiée à la luzerne est de 4 204 ha sur 821102ha de cultures fourragères donc 0,5% en 2016 (MADR, 2016).

Les cultures fourragères pures occupent une superficie très réduite (Abbas et Abdelguerfi, 2005). En général, les contraintes essentielles des ressources fourragères cultivées se résument à la faible diversité des espèces cultivées et à la contribution très modeste des cultivars locaux (Abbas et al, 2006). En 2016, l'orge cultivée occupait 706 677 ha sur une superficie de 2 821 246 ha de céréales (25%).

Tableau n°02 : Superficies des espèces fourragères cultivées, consommées en sec et en vert

Année	Superficies fourragères totales consommées en sec (Ha)	Superficies fourragères totales consommées en vert (Ha)	Superficies fourragères totales (Ha)
1995	324700	164160	488860
1996	480400	100910	412150
1997	485910	82360	391630
1998	487660	105790	593450
1999	537980	/	/
2000	479380	106520	585900
2001	386210	87750	473960
2002	401310	95560	395480
2003	272790	104320	377110
2004	341176	120413	461589
2005	394849	89 303	484152

(MADR, 2006)

Quand à la production des cultures fourragères en sec, elle a atteint 18 823 487Qx dont 705 931Qx de luzerne (3,7%) et une production de fourrage naturel (prairie et jachère fauchée) de 7 920 190 Qx (**MADRP, 2016**). Quand à la production de l'orge, pour la même campagne agricole, elle a atteint 9 199 064 Qx sur un total de production céréalière de 34 449 184 Qx (26%)(**MADRP,2016**).

*CHAPITRE 02: LES
CULTURES DE FOURRAGE EN
HORS SOL*

1- Aperçu sur les cultures hors sol :

1.1-Définition :

Au sens strict la culture hors sol est la culture dans un milieu racinaire qui n'est pas le sol naturel mais un milieu reconstitué et /ou isolé du sol. Dans ce type de système, les racines des végétaux sont alimentées par un milieu liquide minéral appelé solution nutritive qui apporte l'eau, l'Oxygène et les éléments minéraux indispensables au développement de la plante (**Vitre, 2003**).

Les cultures sur substrat repose sur l'adoption d'un matériau physique stable : le substrat, qui peut être d'origine anthropique ou industrielle, ou d'origine naturelle.

Cependant, il existe des cas de cultures hors sol qui n'utilisent pas de substrats avec un système d'irrigation innovant aéroponique et hydroponique (**Urban, 1997**).

1.2-Historique :

Bien qu'il ne s'agisse pas réellement d'hydroponique, l'idée de culture hors-sol naturelle apparaît avec les jardins suspendus de Babylone. Les peuples vivant au bord de lacs de hautes montagnes du Pérou comme le Titicaca, cultivaient leurs potagers à la surface de l'eau. Les Aztèques quant à eux s'établirent dans les marécages proches de la future ville de Mexico et conçurent des sortes de radeaux faits de joncs et de roseaux recouverts d'une couche de limon nommés « chinampa » sur lesquels les agriculteurs jardinaient ; il est toujours possible de voir de nos jours. Les racines des plantes plongeaient dans l'eau des lacs : sans le savoir, ils étaient les précurseurs d'une espèce d'aquaculture primitive. Les Chinois emploient encore des techniques millénaires de culture sur gravier (**CAS, 2016**).

La culture hors-sol que l'on connaît de nos jours est née au XIX siècle en Allemagne. Elle fut découverte dans le cadre de recherches réalisées afin de découvrir de quoi se nourrissaient les plantes. Ce n'est qu'en 1930 que Guericke produisit le premier système hydroponique.

Production de l'orge hors sol commercial aux États-Unis. Pendant la Seconde Guerre mondiale, des Américains cultivèrent des légumes hydroponiques dans les îles volcaniques du Pacifique pour assurer l'apport en vitamine nécessaire à la bonne santé de leurs troupes qui y étaient en garnison (**CAS, 2016**).



Figure n°02 : Jardins suspendus de Babylone (Benfadel et Mekouar , 2017)

1.3- Conditions :

a- Différents techniques de culture hors sol :

➤ Les systèmes sans substrat :

Les plants sont pris en charge au-dessus des racines sur plastique, bois ou fil métallique. Les racines sont en permanence ou par intermittence, immergées dans une solution nutritive ou dans un film de solution nutritive. Ce système comprend des tubes de culture, les techniques de film nutritif (NFT), et la culture hydroponique par inondation. Dans la plupart de ces systèmes, la solution nutritive est réutilisée en fonction de l'espèce étudiée et de ses stades physiologiques (Ellis et Swaney, 1947).

▪ L'aéroponie :

Dans ce cas, les racines des plantes sont situées dans un environnement de façon continue ou intermittente saturé de fines gouttes de solution nutritive. Les racines se développent dans l'air contenu dans les gouttières. Ces dernières renferment des rampes d'irrigation (micro) percées à intervalles réguliers. Les plantes sont alimentées en eau par la solution nutritive (Urban, 1997).

➤ Le système de culture sur substrat :

Les racines des plantes cultivées poussent dans un substrat solide constitué de matériaux plus ou moins poreux. Il est composé de sable, de perlite, de plastique, de roche laine, de gravier, de basalte, de grès ou de tout autre matériau inorganique d'un diamètre inférieur à 3 mm. Dans ce cas, l'irrigation de surface est la méthode la plus courante.

Les systèmes sont variables, la plastoponie où Les racines des plantes sont cultivées dans des plastiques expansés, dans des substrats organiques tels que la tourbe, les composts, la sciure et divers mélanges de substrats organiques et inorganiques (**Jones, 1983**).

2-Production hors sol de fourrage:

Le Fourrage Vert Hydroponique (FVH) consiste en la mise en germination de graines de céréales ou légumineuses, jusqu'à la croissance des premières feuilles, dans un milieu contrôlé (lumière, température, humidité), et en conditions hors sol (**FAO, 2001**).

L'idée de produire du fourrage à partir de graines germées en hydroponie n'est pas récente (**Leitch, 1939, cité par Peer et Leeson, 1985**). La technique de production de FVH, proprement dite, s'est développée à partir des années 1930, en même temps que se perfectionnaient les techniques de culture hors-sol. Les premiers systèmes commerciaux ont été développés dans les années 1940, en Angleterre, en Allemagne et en Australie. La technique se propage aux USA à partir des années 50 (**Miralles-Bruneau, 2015**).

2.1- Les systèmes de production :

Le processus de fabrication FVH est divisé en deux parties. Une phase préliminaire : de "pré-germination" au cours de laquelle les grains sont réhydratés permettra le début de la germination (sortie de la radicule). Une deuxième phase de "germination" au cours de laquelle les grains déjà germés sont étalés sur un support neutre jusqu'à l'apparition des premières feuilles et la poursuite de la croissance.

Ces bancs de culture peuvent être placés à l'extérieur, sous un auvent, sous une structure ouverte ou fermée, dans un conteneur, ou dans une structure verrouillée. L'environnement (température, humidité et luminosité) est soit naturel (extérieur), soit partiellement ou totalement maîtrisé (intérieur) pour les systèmes clos (serres, conteneurs et bâtiments). La voie technique (semis, irrigation, apport de nutriments, récolte) peut être entièrement manuelle ou partiellement automatisée (**Miralles-Bruneau,2015**).



Figure n°03 :Culture du fourrage hydroponique (Webmaster, 2019)

La capacité de production est principalement déterminée par le système utilisé et son dimensionnement. Elle va de quelques dizaines de kilogrammes à plusieurs tonnes de fourrage vert chaque jour.

2.2- Les espèces cultivées :

Les principales espèces herbacées utilisées sont l'Avoine, le Maïs, l'Orge, le Blé et le Riz (Fuentes et al, 2011). D'autres Céréales sont utilisées, telle que le millet, le ray-grass, le sorgho, ou le sarrasin. On utilise également des Légumineuses telles que la luzerne, Pois, **Lupin** (Al-Karaki et Al-Hachimi, 2012), et des associations d'espèces (Seigle-avoine-pois; Orge-haricot ; Blé-vesces) mais leur usage est peu documenté (Miralles-Bruneau, 2015).

L'espèce et la qualité des semences vont avoir un effet primordial sur le rendement et la qualité du fourrage produit. Les premiers critères de sélection sont une germination rapide, en 48 heures (tableau n°3) et un taux de germination supérieur à 95 % (Lorenz, 1980), une valeur alimentaire optimale, une disponibilité locale des semences et/ou un prix acceptable.

Tableau n° 03 : Temps de germination. Selon l'espèce

Espèces	Germination
Avoine	36 à 48 h
Blé	36 à 48 h
Epeautre	36 à 48 h
Maïs	4 à 6 jours
Millet	4 à 6 jours
Orge	36 à 48 h
Riz	5 à 7 jours
Sarrasin	36 à 48 h
Seigle	36 à 48 h
Luzerne	4 jours
Lentilles	1 à 3 jours
Pois	2 à 3 jours
Soja	1 à 3 jours
Trèfle	48 h
Tournesol	3 jours
Lin	1 à 3 jours

(Al Karaki et Al Momani, 2011)

2.3- Les conditions de culture :

Différents facteurs vont influencer la germination et le développement des graines.

Les principaux éléments sont l'apport d'eau, la température, la composition en gaz de l'air, la lumière et l'absence de facteur d'inhibition de la germination (**Lorens, 1980**).

L'unité de culture doit avoir un volume suffisant, avec un renouvellement convenable de l'air, au moins deux fois par jour (**Rodet, 1997**). Ceci permet une optimisation du processus de respiration et de photosynthèse de la plante.

a-Conditions d'irrigation :

L'irrigation est un point clé du cycle de production. Le pH et la qualité de l'eau, ainsi que la gestion des apports sont parmi les principaux facteurs de rendement. La qualité de l'eau est importante pour une bonne germination. On peut utiliser de l'eau de puits, de pluie, ou du robinet. Celle-ci doit être potable et il ne doit pas y avoir de matière en suspension ou de matière organique, afin de limiter les risques sanitaires. Il est préconisé d'utiliser de l'eau filtrée. L'eau utilisée doit être à température ambiante (17 à 20 °C). Le pH doit être compris entre 5,2 et 7 (**FAO, 2001**). La salinité de l'eau doit être comprise entre 1,5-2,0 mS/cm sauf pour les espèces tolérantes ou on peut aller jusqu'à 6mS/cm chez l'Orge (**Bagsci et Yilmaz ,2003 cité par Al-Karaki et Al-Momani, 2011**).

Les besoins en eau varient avec l'espèce de culture (tableau 4). Les quatre premiers jours, on ne doit pas appliquer plus de 0,5 litre d'eau par mètre carré et par jour, jusqu'à atteindre une moyenne de 0,9 à 1,5 litres par mètre carré et par jour (**FAO, 2001**).

Tableau n°04: besoins en eau de quelques espèces conduites en hydroponie

Espèce	Conso. Eau (L/kg MB)
Avoine	1,80 - 4,00
Blé	1,80
Luzerne	1,90
Maïs	1,40 - 2,30
Niébé	1,6
Orge	1,30 -1,90
Sorgho	1,70

(**Al Karaki et Al-Momani, 2011**)

b- La fertilisation :

L'utilisation d'un engrais avec l'eau d'irrigation n'est pas toujours obligatoire. Les essais effectués en hydroponie ont eu des résultats divers. La fertilisation augmenterait les rendements en matière sèches et la valeur nutritive du FVH (FAO, 2001).

Les éléments essentiels d'une plante sont divisés en deux catégories :

Les minéraux majeurs N-P-K-Ca-Mg-S-Na-Cl et les oligo-éléments qui sont nécessaires à la production de matière végétale par la plante. Ces éléments peuvent être présents en solution dans l'eau d'irrigation ou apportés par la solution nutritive (Letard et al, 1995). Ce procédé est largement utilisé dans l'agriculture commerciale et l'horticulture hydroponique. L'apport de nutriments provient d'une solution nutritive irriguant le substrat dans le cas de la culture en eau profonde et de la culture en film nutritif. Les éléments seront absorbés par les plantes grâce à leurs racines qui seront en contact avec la solution (Soucy, 2016).

En général, la solution nutritive est issue de la dilution d'une solution mère concentrée en engrais. Dans un système automatisé des injecteurs procèdent au mélange de l'eau avec la solution mère selon la concentration voulue, le pH et la CE (Cecyre, 2003).

c- La récolte :

La durée du cycle de production varie selon l'espèce, la variété, les facteurs de culture qui vont jouer sur le cycle de germination (eau, température, ...), ainsi que les objectifs de production (quantité, qualité) (tableau n°5). Il est possible de récolter après seulement 48 heures de germination. On parle alors de production de graines germées. La récolte peut s'effectuer entre 5 et 15 jours après le semis. A partir du 5^e jour, on peut avoir une récolte précoce. La période optimale de récolte des FVH se situerait entre 7 et 10 jours après semis (Dorsal, 1987 cité par Fuentes et al, 2011).

La vitesse de croissance du fourrage est homogène et vigoureuse, on a un fourrage de 20 à 25 cm de hauteur avec une bonne valeur alimentaire. Au-delà de dix jours, il est observé une diminution du taux de protéines, ainsi qu'une diminution du rendement en MS, et le fourrage perd son principal atout qualitatif. Aux 10^e - 12^e jours, en système non fertilisé, les plantules commencent à montrer des signes de dénutrition (Carballo Mondaca, 2003). Le tapis végétal, composé de jeunes plantules et de leurs racines, est récolté tel quel et donné aux animaux, de préférence une à deux heures après la récolte, afin de conserver ces propriétés en vitamines (Leontovich et Bobro, 2007 cité par Miralles Bruneau, 2015). Il est possible de le conserver 1 à 7 jours en chambre froide (Lorenz, 1980).

Tableau n°05 :Stade de récolte de quelques fourrages hydroponiques

Espèce	Stade (jour)
Avoine	7 – 20
Blé	8 – 12
Luzerne	8
Maïs	9 – 14
Mil	10
Niébé	8
Orge	6 – 10
Riz	10
Sorgho	8 – 10

(Al Ajmi et al, 2009 ; Al Karaki et al- Momani, 2011 ; Al Karaki et Al-Hachimi, 2012 ; Fuentes et al, 2011 ; Garcia-Carillo et al, 2013 ; Vargas-Rodriguez et al, 2008)

d- Le taux de matière sèche :

La teneur en matière sèche du FVH varie entre 8 et 30 %. Elle est en fonction de l'espèce, de la variété, du temps de trempage, de la durée de germination et de la température (Chavan et Kadam, 1989 ; Nielsen *et al*, 1977 et Miller, cités par Miralles- Bruneau, 2015). Le poids de matière sèche originel de la graine diminue durant le temps de trempage et la phase de croissance. Elle est liée à la respiration et à l'activité métabolique de la graine (Lorenz, 1980).

Tableau n° 06:Taux de matière sèche de quelques espèces conduites en hydroponique

Espèce	N°	Stade (j)	MS (%)
Avoine	8	7-20	31,70 (17,3-37,8)
Blé	4	8-12	10,50 (6,3-15,5)
Luzerne	1	8	8,20
Maïs	6	9-14	18,30 (14,5-21,8)
Niebe	1	8	15
Orge	16	6-10	12,60 (8,1-19,3)
Sorgho	1	8	19

(Al-Ajmi et al, 2009 ; Al-Karaki et Al-Momani , 2011 ; Al-Karaki et Al-Hashimi, 2012 ; Fuentes et al, 2011; Lopez-Aquilar, 2009 ; Tashchilin et al , 1980 cités par Miralles-Bruneau, 2015).

3- Qualité du fourrage et valeurs alimentaires :

La germination de céréales et de légumineuses est utilisée depuis des siècles en Asie et en Orient, pour améliorer leur composition nutritionnelle. Des changements biochimiques complexes s'opèrent durant l'hydratation et la germination. Les changements nutritionnels bénéfiques qui sont recherchés, sont dus essentiellement à la dégradation des composés complexes en formes simples, leur transformation en constituants essentiels et la dégradation de composés nutritionnels indésirables (Chavan et Kadam, 1989). Les réserves en protéines, amidon et lipides sont dégradées, sous l'action d'enzymes, en composants simples qui sont utilisés pour créer de nouveaux composés ou sont transportés vers une autre partie de la graine.

La composition chimique du fourrage hydroponique cultivé à partir de différentes graines a été rapportée par différentes recherches en diverses conditions. Les améliorations de la qualité nutritionnelle sont systématiquement observées dans l'agriculture hydroponique (Sale, 2015). Le taux de matière sèche du FVH est plus faible que celui de la graine, et on observe une perte de matière sèche de $25,97 \pm 1,96$ % liée à la croissance de la plante et à sa respiration (tableau n°7).

Tableau n°07 : Composition de l'Orge grain et hydroponique (6-8 j.)

		GRAIN	FVH
Bromatologie			
matière sèche	(g/100g MB)	93,45	17,78
amidon	(g/100g MS)	57,50	16,84
matière grasse	(g/100g MS)	2,20	2,92
cellulose	(g/100g MS)	6,90	12,65
ADF	(g/100g MS)	8,75	15,22
NDF	(g/100g MS)	23,35	34,47
protéine	(g/100g MS)	10,90	13,36
DMS	(g/100g MS)	86,95	76,20
Minéraux			
Ca	(g/100g MS)	0,07	0,07
Mg	(g/100g MS)	0,12	0,13
P	(g/100g MS)	0,37	0,44
K	(g/100g MS)	0,57	0,48
Na	(mg/kg MS)	29,57	75,33
MgCL2	(g/100g MS)	0,21	0,13
Cu	(mg/kg MS)	5,00	5,00
Fe	(mg/kg MS)	46,96	63,94
Zn	(mg/kg MS)	30,00	30,33
Mn	(mg/kg MS)	20,50	23,56

Valeur alimentaire			
UFV	(u/kg)	1,01	0,91
PDIE	(g/kg MS)	100	103
PDIN	(g/kg MS)	75	91

(Miralles-Bruneau, 2015)

La perte d'amidon est liée à la mobilisation des réserves de la graine pour la croissance des racines et feuilles. Les taux de cellulose, ADF et NDF augmentent et sont liés à la synthèse des tiges et des feuilles. Le taux de protéines augmente de 2,46 %. La digestibilité de la matière sèche diminue de 10,75 %. Globalement, les teneurs en vitamines et minéraux restent équivalentes, excepté pour les teneurs en Fer, et Sodium qui augmentent. C'est un aliment avec une bonne concentration énergétique (91 UFV) et un rapport PDIE/PDIN équilibré.

PARTIE

EXPÉRIMENTALE

CHAPITRE 01:
PRÉSENTATION DES ESPÈCES
FOURRAGÈRES UTILISÉES

1.1- L'Orge :

L'Orge est une céréale d'hiver annuelle à épi barbu. Elle est cultivée pour son grain (caryopse), utilisé principalement pour l'alimentation animale. Elle peut être aussi cultivée comme fourrage vert, pâture ou ensilé. L'orge est peu exigeante et résiste aux climats rudes. Sa culture est donc relativement facile.

1.1.1- Exigences :**a- Température :**

Etant une culture à cycle court, l'orge dispose d'une très bonne capacité d'adaptation.

Dans les conditions climatiques Algériennes, elle supporte les fluctuations des températures des Hauts- Plateaux, mais elle craint les gelées de printemps et l'humidité trop prolongée. La température la plus favorable à sa germination se situe entre **16** et **20 C°**, c'est une espèce qui germe et croit rapidement.

b- Eau :

L'orge résiste mieux à la sécheresse que les blés. Pour donner un rendement économique, elle doit être cultivée dans des zones à au moins 350 mm de pluviométrie.

Cette espèce a besoin d'eau au début son développement, mais supporte très bien la sécheresse par la suite.

c- Sol :

L'orge s'accommode à tous les types de sol, à l'exception des sols argileux, des sols humides et des sols trop acides, L'orge tolère les sols légèrement salins.

1. 1.2- Semis :**a- Période de semis :**

L'orge est semée avant les blés, de septembre à octobre, mais elle supporte le semis tardif (de la mi-novembre à décembre). Cependant, plus le semis est retardé, plus la production diminue.

b- Densité de semis :

En moyenne, la densité de semis conseillée pour l'orge est de 250 graines/m², correspondant à environ 100kg/ha d'orge. Dans le cas d'une utilisation en vert, il faut augmenter la dose jusqu'à 120kg/ha.

c- Mode de semis :

Il est recommandé d'effectuer un semis en lignes. L'écartement entre les lignes est de 18 à 20 cm.

d- Profondeur de semis :

La profondeur de semis préconisée, en général, est de 2 à 4 cm. Mais en sol léger, l'orge est semée plus profondément entre 5 et 6 cm de profondeur.

1.1.3- Variétés :

Quelques variétés d'orge sont cultivées en Algérie. Le choix de la variété à utiliser dépend de ses caractéristiques agronomiques et la zone de la culture.

- **Les principales variétés d'orge sont les suivantes :**

Tableau n° 08 : les principales variétés d'orge en Algérie

Variétés	Caractéristiques
Jaidor (Dahbia)	À paille courte, précoce, fort tallage, bonne productivité, tolérante aux maladies et à la verse, sensible au gel et à l'égrenage
Rihane 03	à paille courte, précoce, fort tallage, bonne productivité, à double exploitation
R'made	Précoce, à fort tallage et bonne productivité. Elle est tolérante aux rouilles et à la verse, adaptée aux zones des plaines intérieures.
Barberousse(Hamra)	À paille moyenne, précoce, tallage moyen, bonne productivité, tolérante à la verse, à la sécheresse et au froid
Bahria	À paille courte et creuse, précoce, fort tallage, bonne productivité, sensible à la jaunisse nanisante et résistante à la verse.
Nailia	Variété précoce, résistante à la verse et tolérante à la sécheresse. Elle est sensible aux maladies(rouille brune, oidium, helminthosporiose, rhyctosporiose),
Saida 183	Variété locale, semi-tardive, à paille moyenne et creuse, tallage moyen, bonne productivité, sensible aux maladies.
Tichedrett	Variété locale, à paille moyenne, précoce, tallage moyen, bonne productivité et rustique.
El Fouara	À paille courte ou moyenne, fort tallage, bonne productivité, tolérante au froid, à la sécheresse et à la verse. Elle est adaptée aux Hauts-Plateaux,

(Rechachi et al ,2020)

1.1.4- Fertilisation :**a- Fumure de fond :**

La fumure de fond dépend de la richesse du sol et du précédent cultural. Elle concerne les éléments majeurs, le phosphore et le potassium (P et K). Elle est apportée au labour ou avant le semis.

L'orge réagit bien à la fumure phospho-potassique. Ses besoins sont plus élevés dans les zones humides que dans les régions semi-arides. Mais l'élément le plus important dans les conditions de sécheresse est le phosphore. Une fumure de 46 unités/ha d'acide phosphorique dans les zones semi-arides et 70 unités/ha dans les zones favorables, couvre généralement les besoins de la culture. L'engrais potassique est apporté, à raison de 50 unités/ha.

b- Fertilisation azotée :

Les besoins de l'orge en azote sont inférieurs à ceux des blés. Les apports en engrais azotés sont généralement conseillés en fonction de la pluviométrie de la zone, mais ils peuvent être modifiés aussi, selon le précédent et l'état de culture:

A Pluviométrie entre 400 mm et 600 mm: apport de 70 unités/ha d'azote, fractionnées entre le semis et le début tallage

A Pluviométrie moins de 400 mm : apport de 46 unités/ha d'azote, fractionnées entre le semis et le début tallage. En cas de sécheresse, il est inutile d'apporter l'azote en végétation. En général, il est conseillé d'apporter l'engrais azoté 10 à 15 jours après le désherbage chimique.

La culture de l'Orge exploitée en vert, nécessite des quantités plus importantes de fertilisants azotés, généralement apportées après chaque coupe ou pâturage.

1.5-Cycle végétatives :



Figure n°04: Cycle végétatif de l'Orge. (Soltner, 1998)

1.1.6- Récolte :

La récolte du grain d'orge se fait à maturité complète. A ce stade, le taux d'humidité du grain est de 12%, la paille devient jaune, les épis sont en position de crochet et le grain, rayé avec l'ongle, ne laisse aucune trace. Sur le littoral, la récolte est effectuée en fin mai et en juin sur les Hauts-Plateaux. La récolte doit se faire par temps sec, avec une moissonneuse-batteuse bien réglée.

Pour l'utilisation en vert, l'Orge est récoltée avant maturité, quand la matière sèche est à son maximum (au moins 30%) et le grain a atteint le stade pâteux.

Pour le foin, la récolte s'effectue dès l'apparition des barbes. Il faut éviter de récolter à un stade plus avancé, quand les barbes sont développées, car elles causent des accidents pour l'animal.

1.1.7- L'utilisation :

L'orge est une excellente source de fibres solubles. Son grain sert à l'engraissement du bétail. La plante entière encore verte, peut servir de fourrage, ensilé ou pâturé. En Algérie, l'orge est associée à l'élevage ovin. Elle est très appréciée par le cheptel en grain et en paille.

Dans l'alimentation humaine, l'orge est utilisée pour la fabrication de galettes de pain sans levain, ou pour la fabrication du pain en mélange avec la farine de blé. La semoule de l'orge est utilisée pour la fabrication du couscous et elle peut être incorporée aux soupes.

1.2- La Luzerne :

Luzerne est une légumineuse fourragère pluriannuelle, dont les fruits sont des gousses et les fleurs ont une corolle caractéristique à cinq pétales. Dans le genre *Medicago*, vu sa production élevée en matière sèche, sa tolérance à la sécheresse et sa valeur nutritive élevée.

La luzerne possède divers intérêts agronomiques et économiques, tels que l'amélioration de la structure du sol par son système racinaire très développé qui peut atteindre 3 m de profondeur, l'enrichissement du sol en humus et en azote et la valorisation de l'eau d'irrigation.

1. 2.1- Exigences :

a- Température :

La luzerne se caractérise par une adaptation climatique assez large. Elle se montre sensible aux basses températures au début de son développement. La température maximale, permettant sa croissance, est de l'ordre de 37 °C, le zéro de végétation est compris entre 8 et 9°C.

b- L'Eau :

La Luzerne valorise bien les apports d'eau et pour élaborer un gramme (1 g) de matière sèche, il lui faut 800 à 1000 g d'eau, soit pour une année de culture, une quantité de 12.000 à 13.000 m³/ha en irrigué. En conduite pluviale, la luzerne est cultivée dans des sols frais sous une pluviométrie supérieure à 450 mm.

c- SOL :

La luzerne convient aux sols fertiles, bien drainés ayant un pH proche de la neutralité, perméables, profonds, ni trop lourds ni trop compacts et bien pourvus en chaux. Elle s'adapte difficilement dans des sols hydro morphes, notamment s'ils sont riches en argiles. Dans le cas d'un sol acide (pH inférieur à 6,5), l'inoculation des bactéries fixatrices d'azote (*Rhizobium meliloti*) est indispensable, mais elle doit être accompagnée d'un chaulage, car ces bactéries, présentes dans la plupart des sols, sont moins fréquentes dans les sols acides.

1.2.2- Semis :

a- Période de semis

La luzerne est semée en octobre ou novembre, dès les premières pluies. Les semis peuvent être retardés jusqu'au mois de décembre à janvier dans les régions à hiver rigoureux.

Pour la culture de printemps, le semis s'effectue durant le mois de mars à avril.

b- Densité et mode de semis :

La luzerne est semée à des doses moyennes de 20 à 25 kg/ha. Le semis est effectué à l'aide d'un semoir à céréales, avec un écartement entre les lignes de semis variant de 20 à 30 cm.

c- Profondeur de semis :

La profondeur de semis de la luzerne est superficielle, entre 1 et 2 cm. Au-delà de 2 cm, le taux de levée diminue.

1.2.3- Variétés :

Parmi les variétés testées au niveau de l'ITGC, nous citons : GUF101, G.7770, G.7771, G.7773, G.7778, Mireille, Ginna, Wakefield, Lutèce, Oro et Livia.

1. 2.4- Fertilisation :**a- Fumure de fond :**

Au cours de la première année d'installation de la luzerne, il est recommandé d'apporter **140 unités** à l'hectare de phosphore et **100 unités** de potasse. Un chaulage est nécessaire pendant les labours dans le cas des sols acides.

b- Fertilisation azotée :

Pour une première année d'installation de luzerne, un apport de 10 unités d'azote par hectare suffit pour la croissance de la plante. La luzerne n'étant pas exigeante en azote, il n'y a pas lieu de fertiliser au cours des années suivantes de son exploitation.

1. 2.5- Cycle végétatif :

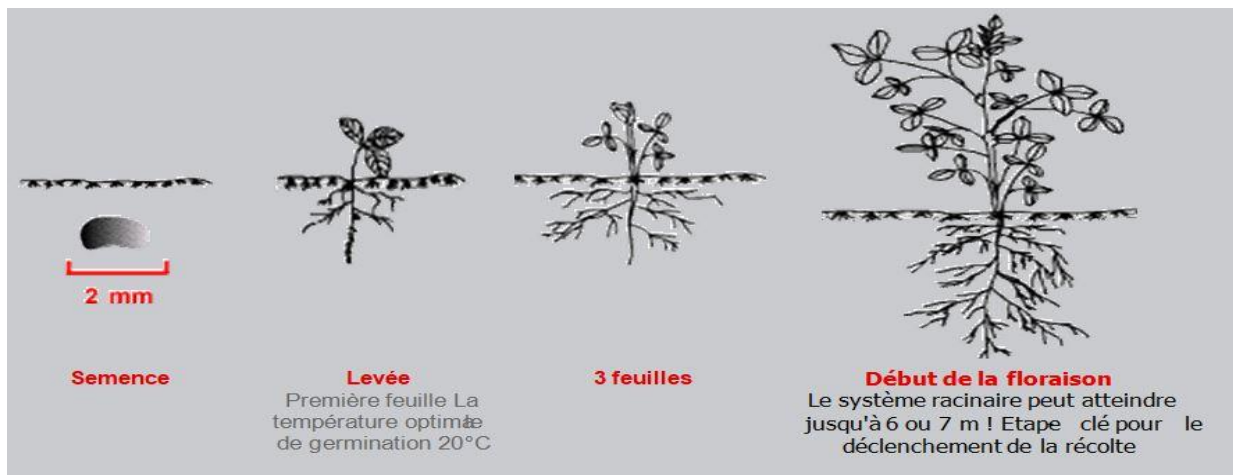


Figure n°05 : cycle végétatif de la luzerne. (Agriculturemono, 2020)

1.2.6- Irrigation :

La période de croissance se situant en saison chaude, la luzerne demande une alimentation en eau très importante, en moyenne, les besoins en eau sont **1200 à 1500 mm** à raison d'une irrigation après chaque coupe, soit environ toutes les trois semaines.

1. 2.7- Utilisation :

La luzerne peut être utilisée en fourrage vert. Il faut la laisser se ressuyer pendant 24 heures pour éviter tout risque de météorisation chez les animaux. Elle est également exploitée en sec. **Elle** peut être utilisée également en ensilage moyennant un pré-séchage de **50 à 70%** de la teneur en eau et mélanger ensuite avec la paille hachée ou des graminées sèches en vue d'éviter les risques de fermentation putride.

La luzerne peut être utilisée en pâturage. La dernière coupe de la dernière exploitation est réservée pour la production des graines.

CHAPITRE 02:

MATÉRIELS ET MÉTHODES

2. -Objectif de l'expérimentation :

L'objectif principal de cette étude est de produire un fourrage vert à partir de semences sèches dans des conditions artificielles en hors sol.

2.1- Localisation de l'essai :

Notre expérimentation a été réalisée au niveau du laboratoire de la faculté de science et technologie, Wilaya de Tissemsilt.



Figure n°6 : Faculté des Sciences et technologie . Université de Tissemsilt (Photo réelle 2022)

2.2. Choix des espèces fourragères :

Le choix de la variété à utiliser pour la production de fourrage vert hydroponique dépend de ses caractéristiques agronomiques. Nous avons choisi d'utiliser des graines d'Orge et de Luzerne (**une céréale et une légumineuse**) pour voir la différence de la réponse de culture fourragère d'espèce distincte en hors sol.

✚ L'Orge du mot latin "Hordeum vulgare » utilisée est de variété d'origine Algérienne dénommée « Sougueur » fournie par l'ITGC de Sebaine. W.Tiaret. L'Orge est très répandue dans la région de Sersou et les plaines de Tissemsilt à climat semi aride. C'est une espèce caractérisée par le fort tallage, bonne productivité, tolérante au froid et à la sécheresse.

✚ La Luzerne utilisée est une variété d'origine Américaine, son nom latin est *medicago sativa*. Elles a un grand pouvoir de germination et une croissance rapide de sa biomasse.



Figure n°07 : les échantillons de semences (photo réelle 2022).

2.3- Conduite de l'expérimentation en hors sol :

2.3.1- protocole experimental

Nous avons effectué l'essai dans le laboratoire de la faculté de ST durant la période du **1 au 30 mars** . Le démarrage s'est fait par la pesée de 30 g de semence sèche. Ce poids nous a paru relativement convenable par rapport à la taille des récipients utilisés pour la mise en culture qui sont des boîtes rectangulaire en Aluminium (à usage unique) de 18 cm de longueur, de **15cm** de largeur et de **5cm** de hauteur approximativement.

Dans un premier temps, les graines sont nettoyées (tri des graines cassées, piquées, abimées ou infectées). Elles sont abondamment lavées à l'eau courante, jusqu'à ce que l'eau de lavage soit transparente.

Pendant la phase d'hydratation ou trempage, on enlève les graines flottantes, qui sont défectueuses et ne germeront pas, puis on passe à l'égouttage (figure n°8)



Figure n°08 : Lavage des graines d'Orge et Luzerne (photo réelle ,2022).

2. 3.2-Phase de germination ou de culture

À partir de 1 premier jour, la germination a démarré et les échantillons sont découverts pour être exposés à la lumière, la croissance des plantes était rapide surtout pour la culture d'orge.

Au cours des essais de germination effectués, les boîtes d'aluminium sont maintenues à une température ambiante du laboratoire aux alentours de 22°C.



Figure n°9 : Disposition des graines d'orge e luzerne dans les boîtes d'aluminium (photo réelle ,2022)

2.4- Dispositif expérimental :

Ce dispositif est composé de 2 traitements, chaque traitement est constitué de trois répétitions pour chaque culture (Figure n°10).

- ❖ Premier traitement ont arrose les semences avec une solution nutritive SN
- ❖ Le deuxième traitement (témoin), on utilise de l'eau de robinet pour l'arrosage.

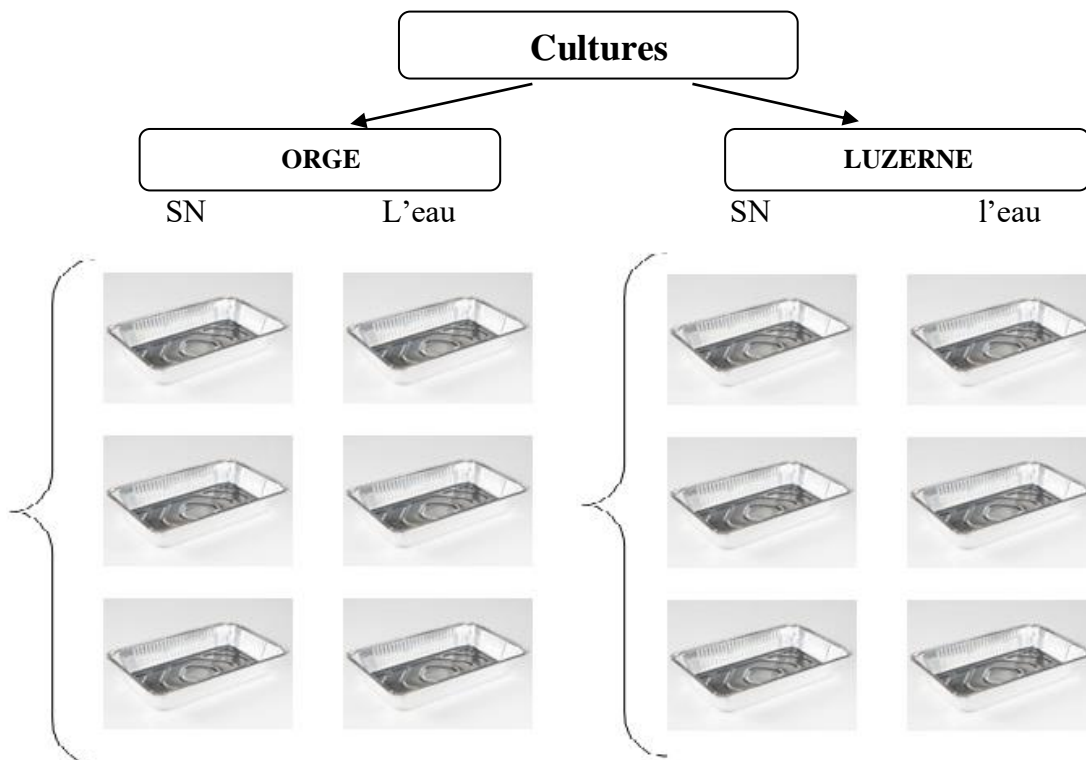


Figure n°10 : Schéma du dispositif expérimental.

2.5- Irrigation :

Les plantes étaient maintenues à une humidité constante tout le long de la période de l’essai. L’irrigation est effectuée dès la germination, quotidiennement , 2 fois par jour avec un apport de 10ml d’eau pour le témoin (T2) et le même volume avec la solution nutritive pour le traitement T1.

2.6- La composition de la solution nutritive :

Pour subvenir aux besoins de la plantule et la croissance de la partie végétative nous nous sommes basés sur l'apport d'azote

✚ Un engrais de synthèse (NPKs base de sulfate) de formule équilibrée 15-15-15 a été utilisé. (tableau n°09)

✚ Une solution nutritive a été préparée avec 10 g d’engrais d’un 1L d’eau distillée puis diminuée 10 fois de concentration (0,1%) . Cette solution nutritive SN a une conductivité électrique CE = 1.45 ms /cm et un pH =7,2.

Tableau n°09: Composition chimique de la solution nutritive retenue pour l’irrigation des plantes

Eléments majeurs	Autres composants
Azote(N).....15%	Azote ammoniacal-----9 %
Phosphore (P).....15%	Azote nitrique-----6%
Potassium (K).....15%	P2Os assimilable-----15%
	K2O-----15%
	Anhydride sulfurique (so3) -----12%

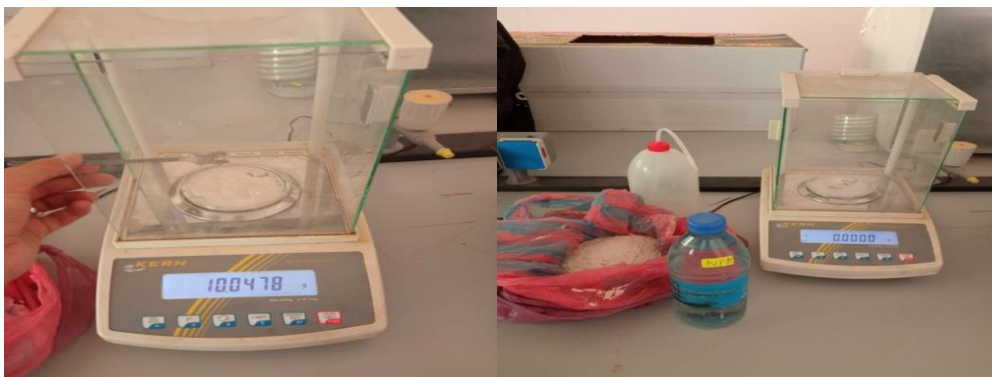


Figure n°11: préparation de la solution nutritive.

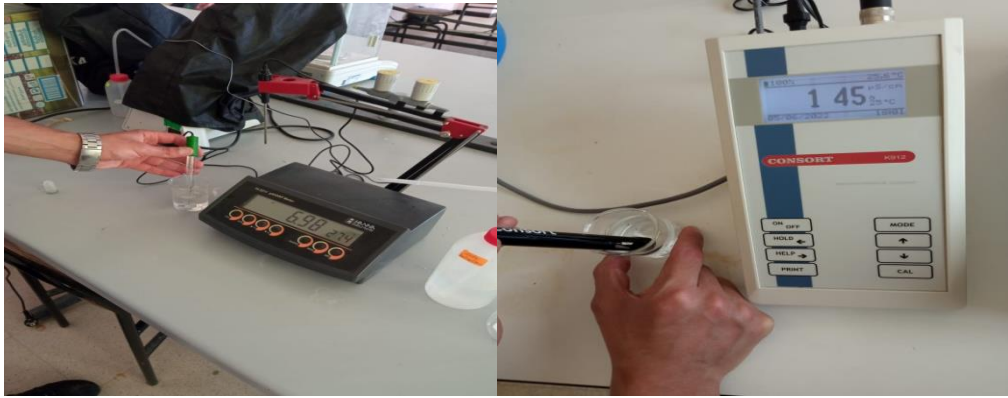


Figure n°12 : Mesure de pH, CE de solution nutritive.

2.7- Paramètres étudiés :

a- Hauteur de la tige :

Nous avons mesuré la hauteur de la tige pour les deux cultures (partie végétale) depuis le ras du récipient jusqu'à l'apex, à l'aide de pied à coulisse. La mesure est faite quotidienne à partir des 8^{èmes} jours jusqu'à 14^{èmes} jours.

b- Le poids frais de la biomasse :

Le poids de la biomasse du fourrage vert frais a été déterminé en utilisant une balance de précision à partir du 8^{ème} jour de croissance.

c- Le poids sec de la biomasse :

Le poids sec a été obtenu après le passage des échantillons pendant 6h à l'étuve à 105°C et ceci à la fin de l'expérimentation (15^{ème} jour). Les échantillons secs sont pesés avec une balance de précision pour savoir le poids de l'eau. Par la suite, nous avons calculé le taux de matière sèche pour chaque traitement.



Figure n°13 : Les échantillons de luzerne et d'orge après séchage (photos réelle 2022) .

CHAPITRE 3

RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Présentation des résultats :

Après les différentes mesures effectuées, concernant les paramètres du poids (g), taille (hauteur, cm) et une analyse statistique de la variance (logiciel, programme STAT Box) voir annexe, nous présentons les résultats obtenus avec les interprétations suivantes.

Nous avons procédé par date du développement végétatif en commençant par le 8eme j car à partir de ce stade, la récolte peut être effectuée en général pour les fourrages verts en hors sol (Miralles- Bruneau, 2015).

La figure (16) présente l'effet de la solution nutritive sur le poids des cultures hydroponiques.

L'analyse de la variance montre aucune différence significative entre les deux cultures, ainsi entre les deux traitements T1 et T2 avec une valeur (ddl=1, F=0,086 p= 0,772) et une valeur (ddl=1, f=2, 165, p = 0,177).

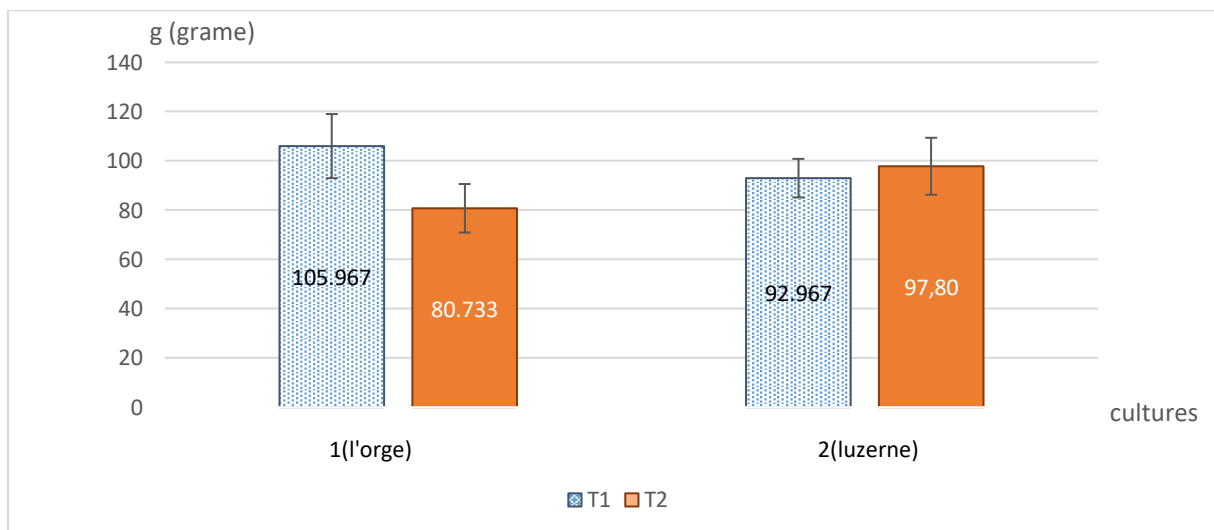


Figure n°14 : L'effet de la solution nutritive sur le poids (g) des cultures au 8eme jour.

Le graphe montre l'évolution du poids des deux cultures sous l'effet des traitements. SN étant la solution nutritive.

A première vue, on constate que le poids de l'Orge irriguée avec la solution nutritive T1 est plus élevé par rapport à l'Orge irriguée avec l'eau T2, sa valeur est de 105g, tandis que la valeur témoin est de 80g. Par contre, le poids de la Luzerne irriguée avec la solution T 1 était inférieur à celui irriguée avec l'eau, T2 avec une valeur de 90g pour le traitement T1 et 98 g pour le témoin. Donc l'effet de l'addition des éléments nutritifs est positif pour le poids du fourrage vert de l'Orge au 8eme j de croissance.

Concernant la hauteur du fourrage vert les résultats sont représentés dans la figure 17.

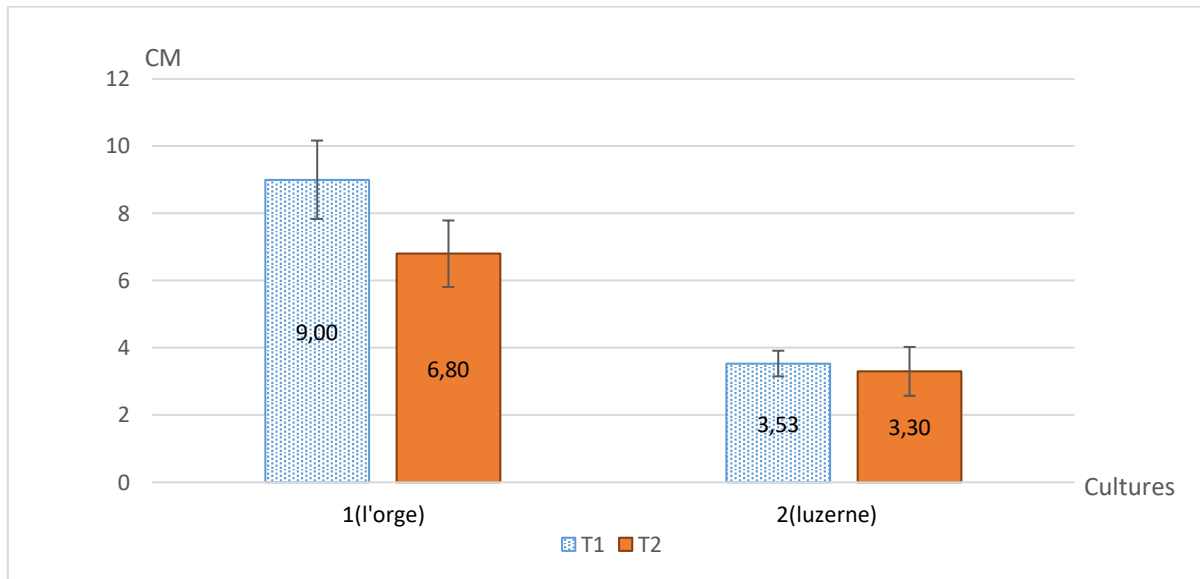


Figure n°15 :L'effet de la solution nutritive sur la taille (cm) des cultures au 8eme jour.

La figure n°15 représente l'effet de la solution nutritive sur la taille des cultures pour le 8eme jour, l'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les deux cultures, et aucune différence entre les deux solutions avec une valeur ($ddl=1$, $F=64,093$ $p=0,0007$) et une valeur ($ddl=1$, $f=4,72$, $p=0,059$).

A première vue, on constate que la taille de l'Orge irrigué avec la solution nutritive, T1 est plus élevée par rapport à l'Orge irriguée avec l'eau T2. Sa valeur était de 9cm, tandis que la valeur témoin était de 6,5 cm. Tandis que la taille de la Luzerne irriguée avec la solution nutritive T 1 était très proche de celle irriguée avec l'eau T 2 avec une valeur de 3,5cm pour le traitement 1 et 3,3cm pour le témoin.

Donc, concernant le paramètre hauteur ou taille du végétal, la solution nutritive a eu un effet positif chez l'Orge mais le contraire s'est passé chez la Luzerne au 8eme jour de croissance.

Les paramètres du poids et de la hauteur mesurée au 9eme jour sont représentés par les figures 16et 17.

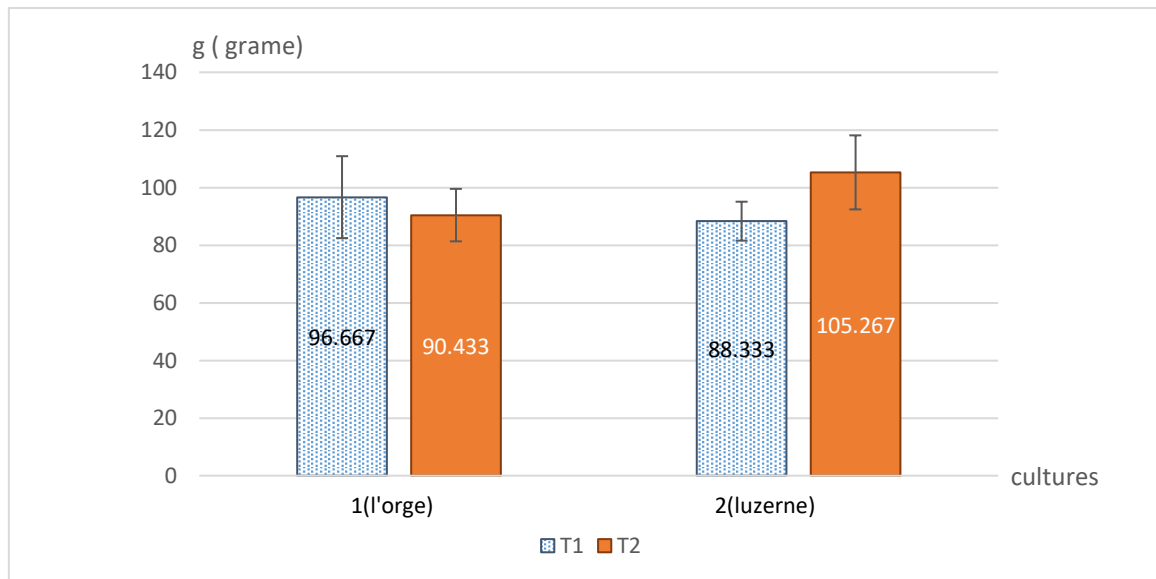


Figure n°16 : L'effet de la solution nutritive sur le poids (g) des cultures au 9eme jour.

La figure (16) présente l'effet de la solution nutritive sur le poids des cultures hydroponiques étudiées, l'analyse de la variance montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les deux cultures, ainsi entre les deux traitements avec une valeur ($ddl=1$, $F=0,205$ $p=0,665$) et une valeur ($ddl=1$, $f=0,554$, $p=0,483$).

Le poids de l'orge irrigué avec la solution nutritive T1 est plus élevé par rapport à l'orge irrigué avec l'eau T2, sa valeur était de 96g, tandis que la valeur témoin était de 90g. Contrairement, le poids de la Luzerne irriguée avec la solution nutritive T1 était inférieur à celle irriguée avec l'eau T2, avec une valeur de 88g pour le traitement 1 et 105 g pour le témoin.

Nous déduisons que l'effet de la solution nutritive sur le poids est positif chez l'Orge mais inversement chez la Luzerne au 9eme jour de croissance.

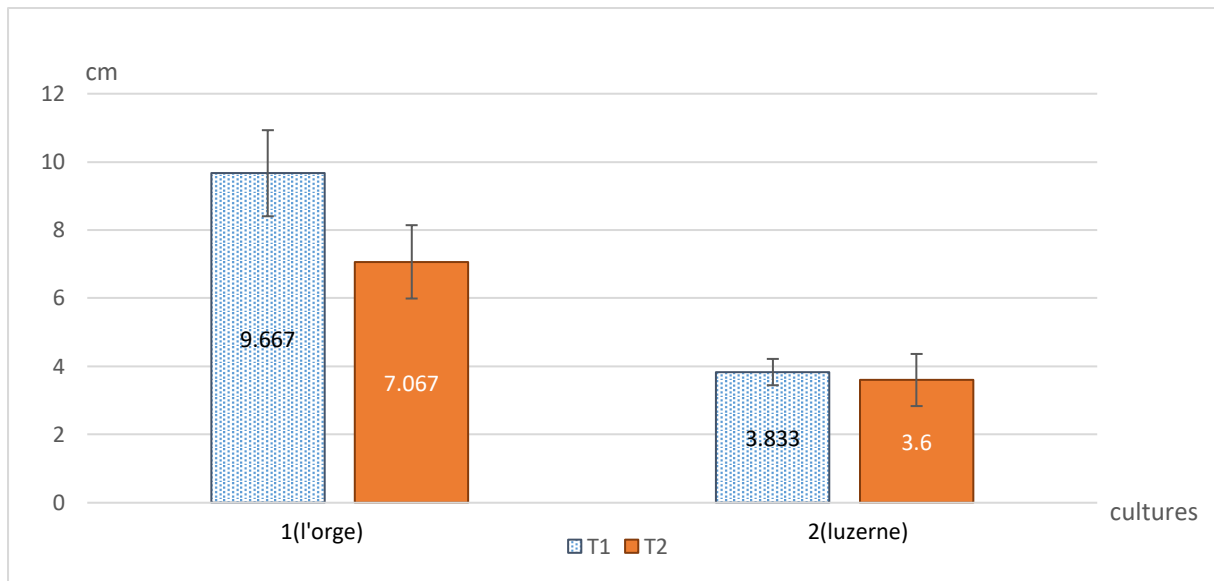


Figure n°17 : L'effet de la solution nutritive sur la taille (cm) des cultures au 9 eme jour.

La figure n°17 présente l'effet de la solution nutritive sur la taille des cultures pour le 9 eme jour. L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les deux cultures avec une valeur (ddl=1, $F=59,511$ $p= 0,00009$) et une différence significative entre les traitements avec une valeur (ddl=1, $f=5,524$, $p=0,045$).

La taille de l'Orge irriguée avec la solution nutritive T1 est élevée par rapport à l'Orge irriguée avec l'eau T2 ; elle était de 9.7cm pour le T1 et 7cm pour le T2. La mesure de la taille de la Luzerne est presque identique pour les deux traitements avec 3.8cm pour le T1 et 3.6cm pour le T2. Pour le 9eme j de croissance de la taille des cultures, nous pouvons dire que l'Orge a répondu positivement à l'apport des nutriments mais l'effet est nul pour la Luzerne.

Les mesures du poids du fourrage vert et de sa hauteur pour les deux cultures au 10eme j sont représentées par les figures 18 et 19.

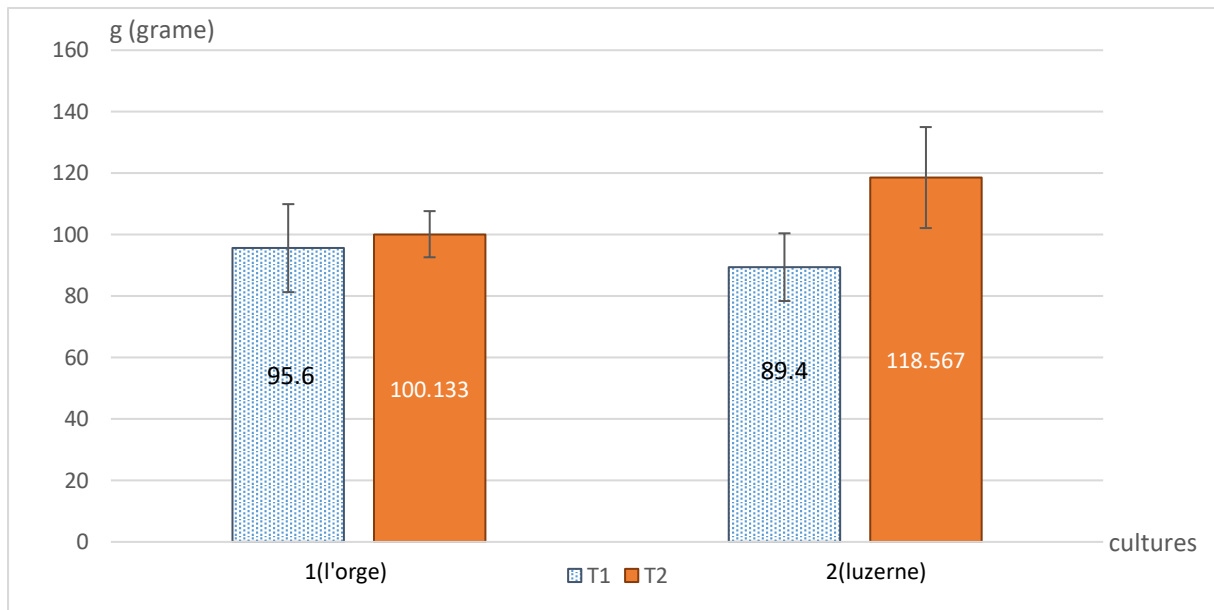


Figure n°18 : L'effet de solution nutritive sur le poids (g) des cultures au 10eme jour.

La figure n°18 présente l'effet de la solution nutritive sur le poids des cultures hydroponiques, l'analyse de la variance montre aucune différence significative entre les deux cultures, ainsi qu'entre les deux traitements avec une valeur ($ddl=1, F=0,55, p=0,484$) et une valeur ($ddl=1, f=4,174, p=0,073$).

Le poids de l'Orge et de la Luzerne irriguées avec de la solution nutritive T1 était inférieur à celles irriguées avec l'eau, T2. Pour l'Orge, le poids est de 95g pour le T1 et de 100g pour le T2 et pour la Luzerne le poids était de 87g pour le T1 et de 118 g pour le T2.

Pour les deux cultures, la solution nutritive a eu un effet négatif sur le poids, au 10eme jour.

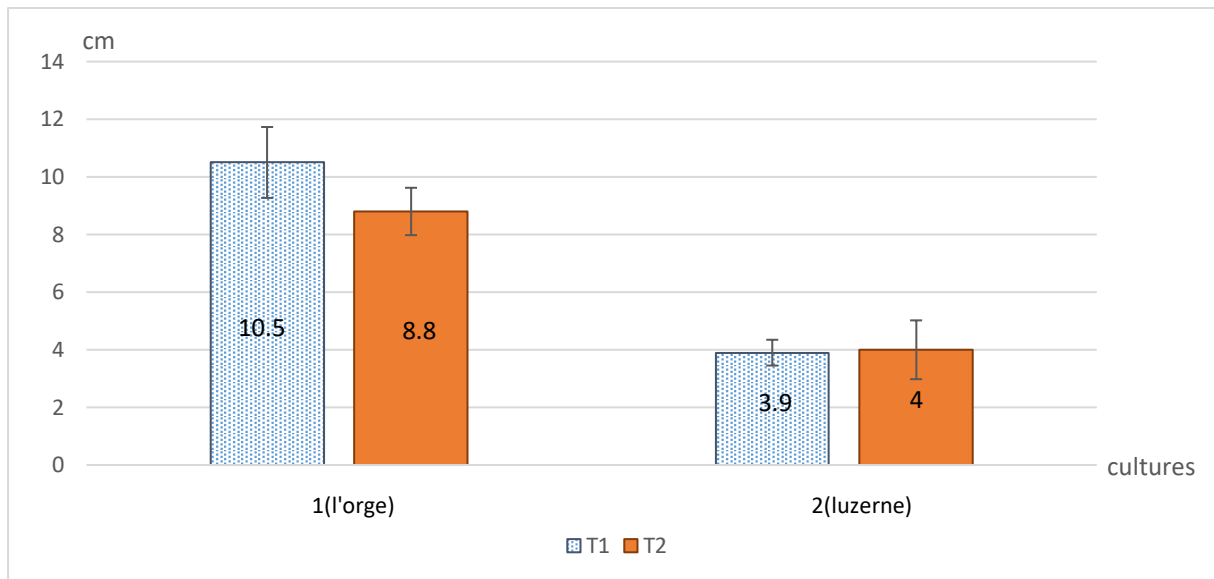


Figure n°19 :L'effet de la solution nutritive sur la taille (cm) des cultures au 10eme jour.

La figure n°19 présente l'effet de la solution nutritive sur la taille des cultures pour le 10eme jour de leurs développements végétatifs. L'analyse de la variance montre une différence très hautement significatives entre les deux cultures avec une valeur ($ddl=1$, $F=90,88$ $p= 0,00002$) par contre l'analyse montre une différence non significative entre les deux traitements avec une valeur ($ddl=1$, $f=1,79$, $p=0,216$).

La taille de l'Orge pour le traitement T1 est plus élevée par rapport à la taille de l'Orge pour T2. Elle était de 10cm pour le T1 et 8cm pour le T2. La taille de la Luzerne pour T1 est presque égale à celle pour T 2 avec une valeur de 4cm pour le T1 et 3.8 g pour le T2.

Autrement dit, au 10eme j, la différence entre la taille de l'Orge par rapport à la Luzerne est importante. Quand à l'effet du traitement, il est légèrement positif pour l'Orge et nul pour la Luzerne.

L'expérience a été poursuivie jusqu'au 14 j avec les mesures du poids et de la hauteur du végétal. Les résultats sont représentés par les figures 20 et 21.

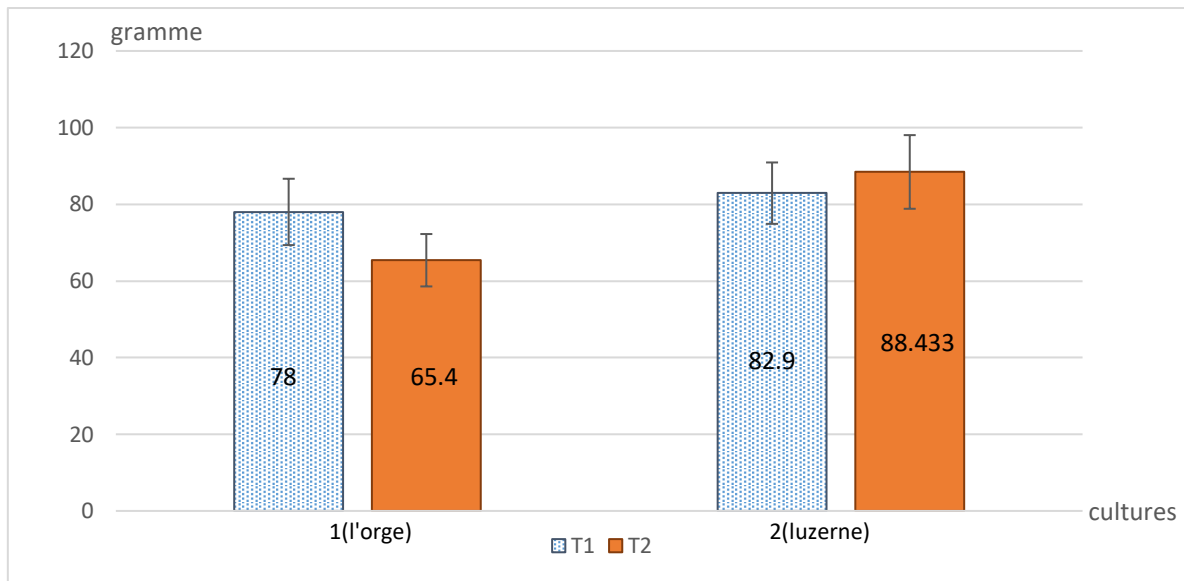


Figure n°20 : L'effet de la solution nutritive sur le poids (g) des cultures au 14eme jour.

La figure 20 présente l'effet de la solution nutritive sur le poids des cultures hydroponiques au 14eme jdu développement végétatif, L'analyse de la variance montre une différence significative entre les deux cultures, par contre la différence n'est pas significative entre les deux traitements. Les valeurs sont ($ddl=1$, $F=6,736$ $p= 0,030$) et ($ddl=1$, $f=0,431$, $p=0,535$).

Le poids de l'Orge T1 est supérieur à T2 avec 78g et 65g respectivement. Le poids de la Luzerne T1 est inférieur à celui de T2avec 82g pour le T1 et 88g pour le T2. Donc, l'effet de la solution nutritive sur le poids de l'Orge est présent mais pas chez la Luzerne.

La figure (21) présente l'effet de la solution nutritive sur la taille des cultures pour le 14 eme jour .L'analyse de la variance montre une différence significative entre les deux cultures avec une valeur ($ddl=1$, $F=161,92$ $p= 0$) et aussi l'analyse montre une différence significative entre les deux traitements avec une valeur ($ddl=1$, $f=10,883$, $p=0,010$).

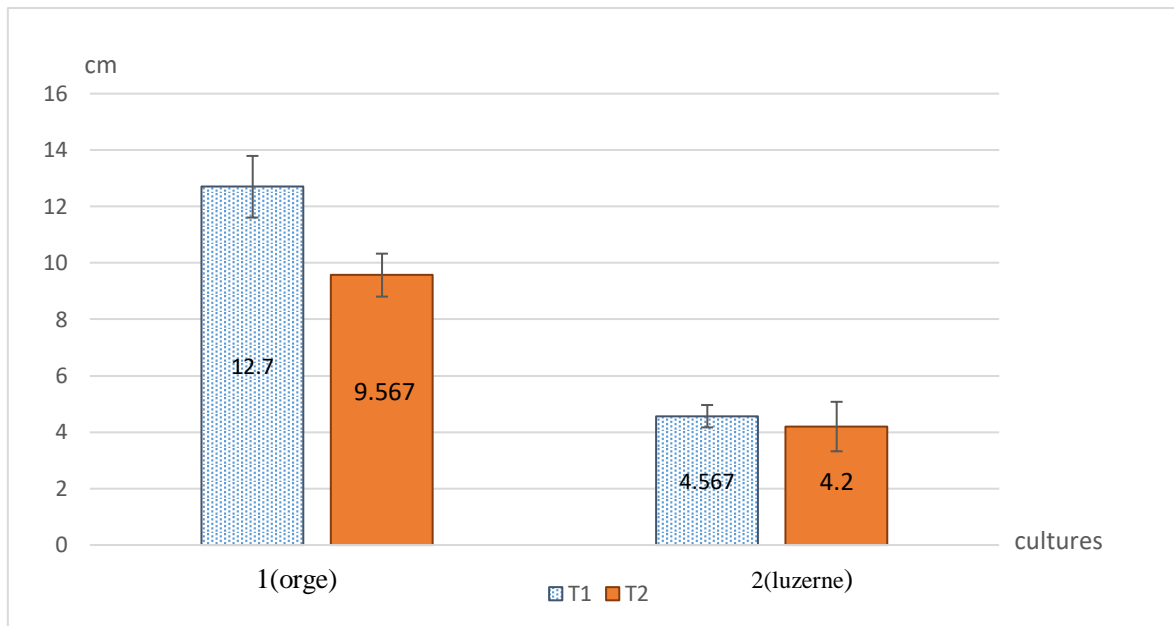


Figure n°21 : L'effet de la solution nutritive sur la taille (cm) des cultures au 14eme jour.

La taille de l'orge irriguée avec la solution nutritive, T1 (12cm) est plus élevée que celle irriguée avec l'eau T2 (9cm).

Pour la Luzerne le même effet de la solution nutritive mais à un degré moindre. Avec T1 : 4.5cm et T2 : 4.2 cm.

- **Le taux de matière sèche (MS%) :**

Au 15j les échantillons sont mis à sécher à l'étuve à 105°C pendant 6h, puis sont pesés après le séchage.

Les taux de MS sont calculés par rapport au dernier poids humide (14eme j). Les résultats obtenus sont représentés par la figure suivante (n°22)

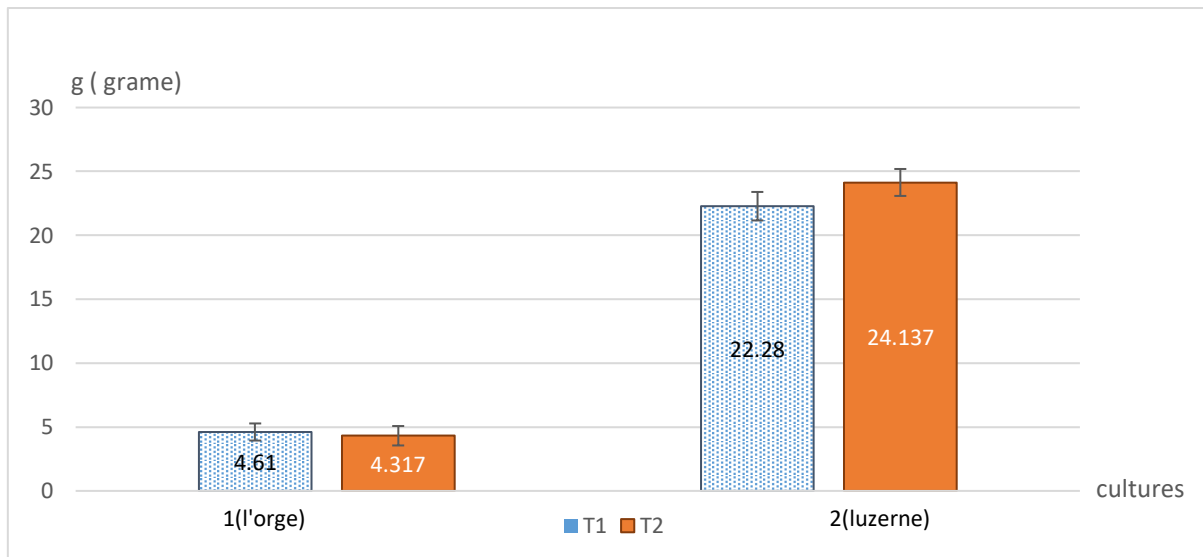


Figure n°22 : Production de la matière sèche.

Les résultats obtenus pour le taux de matière sèche (figure n°22) montrent une différence hautement significative entre les deux cultures avec une valeur ($ddl=1$, $F=998,382$ $p=0$). Par contre, l'analyse ne montre aucune différence significative entre ces deux traitements avec une valeur ($ddl=1$, $f=1,736$ $p=0,223$).

Ces résultats montrent une supériorité du taux de matière sèche produite pour la luzerne par rapport à l'Orge ; la Luzerne atteint 22.27g pour T1 et 24.13g pour T2 et l'Orge atteint 4.61g pour T1 et 4.31g pour le T2.

○ Evolution du poids du fourrage vert frais :

A partir de 30g de semences d'Orge, nous avons obtenu un maximum de 100g de fourrage vert au 8eme j (figure n° 23) donc un rendement de plus de 300%. Trois fois le poids des semences.

Pour le même poids de semences de Luzerne, un maximum de 120g de fourrage vert a été enregistré mais au 10eme j. Donc, le rendement est de 400%. Quatre fois le poids initial.

T1O : Orge avec solution nutritive.

T2O : Orge avec l'eau.

T1L : Luzerne avec solution nutritive.

T2L : Luzerne avec eau.

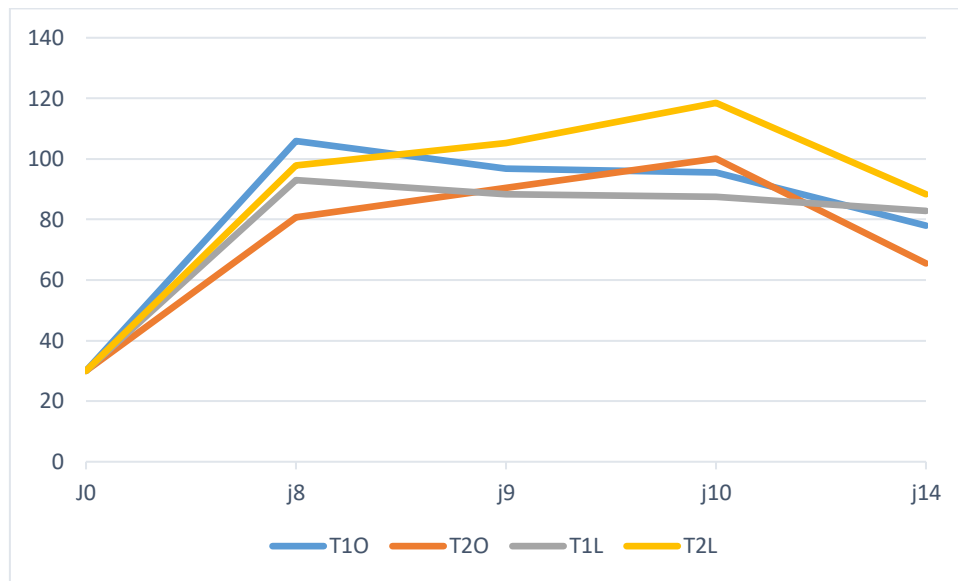


Figure n°23 : évolution des poids des cultures selon les jours.

On peut dire que dans le cas de T1, donc avec l'apport de solution nutritive, la date de récolte optimale pour les 2 cultures est le 8eme j. Au-delà, le poids stagne et va en diminuant à partir du 10eme j.

Pour les échantillons irrigués seulement avec de l'eau, T2, la date de récolte idéale est le 10eme jour ou le gain de poids est maximal et cela pour les 2cultures.

○ Evolution de la hauteur du fourrage vert :

Nous pouvons constater les variations de la taille des cultures depuis démarrage de l'expérimentation J0 (semence) jusqu'au 14eme j dans la figure n°24.

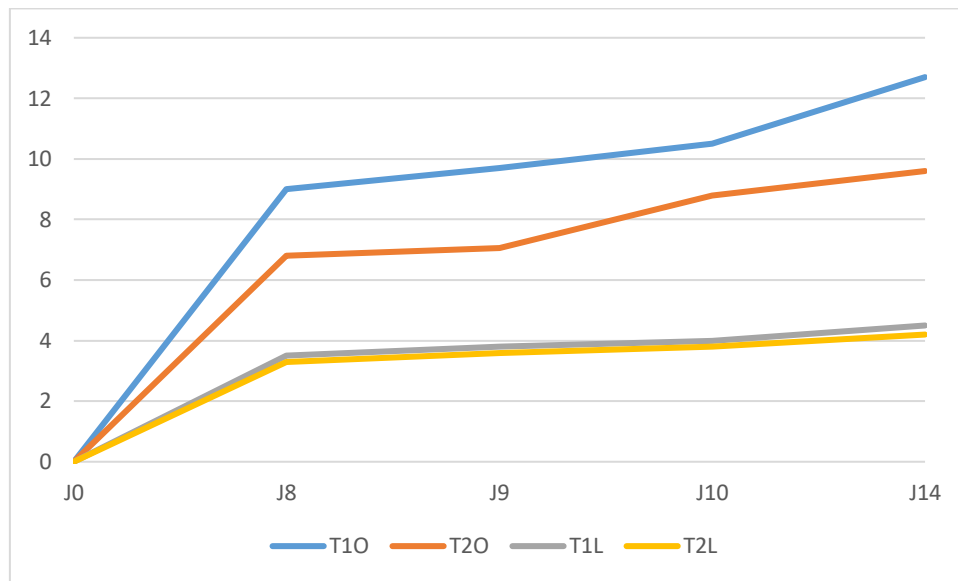


Figure n°4: évolution des tailles des cultures selon les jours

Pour la culture du fourrage de l'Orge, le 14eme j est la date ou la taille du végétal atteint son maximum pour les 2 traitements, avec ou sans solution nutritive.

Pour la luzerne, du 8eme j au 14eme j, la taille reste assez stable et identiques pour les 2 traitements.

3.2. Discussion des résultats :

1-Poids de la masse végétative d'orge :

Le rendement de la masse brute de l'Orge en vert obtenu est de 300%. Pour 1 kg de semence, dans les mêmes conditions opérées nous aurons 3kg de FVH avec la solution nutritive. Nos résultats sont assez en dessous des rendements obtenus en hors sol par d'autres études. Un rendement de 5 à 12 kg pour une période de 7 à 15 jour selon une étude menée par Fazaeli et al ,2011 cité par Miralles-bruneau, 2015. Chouab, 2017 cité par Bareche, 2017 a noté des valeurs de l'ordre de 4.9 kg (sans solution nutritive) et 5.3 kg (avec solution nutritive). Bareche, 2017 a obtenu entre 6.26 et 6.88 kg de fourrage vert (kg MB) pour 1 kg de grains d'Orge mis à germer sans solution nutritive (arrosage avec l'eau de robinet uniquement) mais dans une cabine de cultures hors sol avec une luminosité continue LED et un automatisme pour l'irrigation.

2-La hauteur de tige de l'Orge :

Dans la littérature scientifique où pour une récolte entre 7 à 14 jour on obtient des valeurs de l'ordre de 6.9 à 12 cm (Miralles-Bruneau, 2015). C'est le cas, dans notre étude où la hauteur de tige a dépassé les 12cm au 14eme j dans le cas de l'irrigation avec la solution nutritive et les 8cm avec l'arrosage avec l'eau (figure n°23). En effet, la fertilisation et l'alimentation azotée favorisent le tallage herbacé (Simou H et al, 1989).

3-le poids de la masse végétative de la Luzerne :

Les résultats obtenus concernant le poids de la masse végétative de la luzerne montrent que l'irrigation par l'eau de robinet avait un effet plus élevé avec une moyenne de 102.49g que ce irrigué par la solution nutritive avec une moyenne de 88.4g. La luzerne n'étant pas exigeante en azote.

4-la hauteur de tige de la Luzerne :

Pour le paramètre hauteur de la tige nous notons que l'irrigation par la solution nutritive n'a aucun effet sur la hauteur de tige avec une moyenne de 3.95cm.

5-la matière sèche :

Après le séchage des deux cultures Orge et Luzerne à 105°C pendant six heures nous pouvons conclure que le taux de MS de la Luzerne était plus élevé que le taux MS de l'Orge ce qui signifie que l'Orge a un surplus d'eau que la luzerne.

Ces résultats démontrent une supériorité de matière sèche de la luzerne par rapport à l'Orge.

Résultats et discussion

La fertilisation augmenterait les rendements en matière sèches et la valeur nutritive du FVH (FAO, 2001).

CONCLUSION GENERALE

Conclusion

Au terme de cette expérimentation de mise en culture des fourrages verts en hydroponie, nous pouvons dire que le sol n'est pas toujours nécessaire pour la germination et la croissance de cultures herbacées en conditions optimales contrôlées de T° et d'humidité et irriguée avec une solution nutritive ou seulement de l'eau .

Le rendement en masse brute dépend alors des propriétés de chaque espèce de culture ou des variétés d'une même espèce.

Le fertilisant n'est pas indispensable mais non négligeable pour certaines cultures qui ont des besoins importants en Azote pour assurer la croissance végétative. En culture hydroponique (hors sol), il stimule la plante ; et contribue à améliorer le rendement et la qualité du fourrage vert .

Notre travail avait pour objectif de faire un essai de mise en culture de l'Orge et de la Luzerne pour la production de fourrage vert dans des conditions d'hydroponie pure. Pour cela 2 traitements ont été expérimentés qui sont l'apport d'une solution nutritive et une irrigation avec de l'eau de robinet.

Au cours de cette expérimentation, des mesures de 3 paramètres : poids, Taille de la végétation et le taux de matière sèche ont été effectuées.

Pour l'Orge le traitement (T1) à base de fertilisant NPKs15-15-15 a marqué les meilleurs résultats en ce qui concerne le poids au 8eme j; la taille maximale au 14eme jour alors que pour la Luzerne les meilleurs résultats du poids sont obtenus avec l'irrigation par l'eau (T2) au 10eme jours et la taille reste stable à partir du 8eme j pour les deux traitements.

A la fin de notre mémoire, il serait intéressant de s'approfondir dans cette thématique (cultures hors sol), dans le cadre de futurs essais. Nous proposons d'introduire plus de traitements comme le trempage préalable, la stérilisation des semences, l'exposition a une luminosité artificiel.

D'un autre côté, la qualité de la semence doit être prise en compte comme le temps de stockage ou le traitement des maladies. Ceci pour pouvoir maîtriser le maximum de paramètres pour l'augmentation du rendement en masse brute.

REFERENCES

Références bibliographique

1) **ABBAS K ; ABDELGUERFI A ; (2005)**. PERSPECTIVES D'AVENIR DE LA JACHERE PATUREE DANS LES ZONES CEREALIERES SEMI-ARIDES. FOURRAGES 184 : 533-546.

2) **ABBAS K ; ABDELGUERFI-LAOUAR M ; MADANI T ; M'HAMMEDI BOUZINA M ; ABDELGUERFI A, (2006)**. PLACE DES LEGUMINEUSES DANS LA VALORISATION DE L'ESPACE AGRICOLE ET PASTORALE EN REGIONS NORD D'ALGERIE. WORKSHOP INTERNATIONAL SUR : « DIVERSITE DES FABACEES FOURRAGERES ET DE LEUR SYMBIOTE : APPLICATION BIOTECHNOLOGIQUES, AGRONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES. P 309-320.

3) **ABDELGUERFI A., LAOUAR M., M'HAMMEDI BOUZINA M. (2008) :**

« LES PRODUCTION FOURRAGERES ET PASTORALES EN ALGERIE : SITUATION ET POSSIBILITES D'AMELIORATION ». REVUE SEMESTRIELLE 'AGRICULTURE & DEVELOPPEMENT' (INVA, ALGER) 2008, N°6, PP 14-25.

4) **AGRICULTUREMONO, (2020) :** CONDUITE TECHNIQUE DE LA LUZERNE.

5) **AL AJMI, A ; ALI SALIH, A ; KADIM, I ; OTHMAN, Y ; (2009) :** CHEMICAL CONSTITUENTS AND HEAVY METALS CONTENTS OF BARLEY FODDER PRODUCED UNDER HYDROPONIC SYSTEM IN GCC COUNTRIES USING TERTIARY TREATED SEWAGE EFFLUENTS, JOURNAL OF PHYTOLOGY, 1:6, P 374-380.

6) **ALAIN VITRE ; (2003) :** FONDEMENTS ET PRINCIPES DU HORS-SOL.

7) **AL-KARAKI, GHAZI N ; ET M. AL-HASHIMI, (2012) :** « GREEN FODDER PRODUCTION AND WATER USE EFFICIENCY OF SOME FORAGE CROPS UNDER HYDROPONIC CONDITIONS ». INTERNATIONAL SCHOLARIY RESEARCH NETWORK AGRONOMY.

8) **AL-KARAKI, GHAZI N ; ET N. AL-MOMANI, (2011) :** « EVALUATION OF SOME BARLEY CULTIVARS FOR GREEN FODDER PRODUCTION AND WATER USE EFFICIENCY UNDER HYDROPONIC CONDITIOND ». JORDAN JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES 7, N° 3.

9) **ARBOUCHEHS. ARBOUCHE Y. ARBOUCHE F. ARBOUCHE R, (2008) :** VALEUR NUTRITIVE DE QUELQUES VARIETES D'ORGE ALGERIENNES POUR

Références

L'ALIMENTATION DES RUMINANTS. INSTITUE NATIONALE DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE D'ALGERIE, 6P.

10) BARECHE LAMIA, (2016) : INTITULE PAR LE THEME « ESSAI DE PRODUCTION DE FOURRAGE HORS SOL D'UNE VARIETE D'ORGE LOCAL SANS SOLUTION NUTRITIVE ».

11) BASSIRIKI OUATTARA , (2017) : OPTIONS POUR UNE INTENSIFICATION DURABLE DE LA PRODUCTION AGRICOLE P76 .

12) BELGAT SACI, (2016) : L'ALGERIE EST -IL UN PAYS AGRICOLE OU PEUT -IL LE DEVENIR :(ESQUISSE D'UNE REFLEXION) DATE DE PUB 6.10.2016.

13) BENFADEL Y. ET MEKOUAR M. (2019) : « CONTRIBUTION A L'ANALYSE DE LA VALEUR ALIMENTAIRE DE L'ORGE HYDROPONIQUE SAIDA R1 » UNIVERSITE MOSTAGANEM.

14) BESSAOUD O., PELLISSIER J-P, ROLLAND J-P, KHECHIMI W.(2019) : « RAPPORT DE SYNTHESE SUR L'AGRICULTURE EN ALGERIE » CIHEAM-IAMM. 2019, 82P.

15) BOULECHFAR, (2018) : LA CULTURE HYDROPONIQUE DE L'ORGE MEMOIRE UNIVERSITE MENTOURI CONSTANTINE.

16) BUARD, MARIE, (2011) : « LES GRAINES GERMEES, UN CMV NATUREL POUR LES ANIMAUX ». L'AUXILIAIRE BIO, N° 12 P 4-6.

17) CARBALLO MONDACA, CARLOS RAMON, (2003) : « MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA ELABORACION DE FORRAJE VERDE HYDROPONICO » : GANADERIA HOLOSTICA.

18) CECYRE A. (2003) : « LES INJECTEURS ET LA PREPARATION DES SOLUTIONS CONCENTREES »

<https://www.agrireseau.net/legumesdeserre/documents/69878/les-injecteurs-et-la-preparation-des-solutions-concentrees> consultée Mars, 2022

19) CHAVAN, J.K ; KADAM, S.S ; (1989) :” NUTRITIOBAL IMPROVEMENT OF CEREALS BY SPROUTING”. CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION, 28:8, P401:437.

20) CTA, (2014) : LE CENTRE TECHNIQUE DE COOPERATION AGRICOLE ET RURALE 2014 LES CULTURES FOURRAGERES PRESSES AGRONOMIQUES DE GEMBLoux, PASSAGE DES DEPORTES, 2, B-5030 GEMBLoux, BELGIQUE 2014.

Références

- 21) **DAGET ET GODRON, (1995)** : « PASTORALISME : TROUPEAUX, ESPACES ET SOCIÉTÉS ». PARIS, HATIER, 510 P.
- 22) **DELABY LUC (2016)** : "LES LEGUMINEUSES FOURRAGÈRES, INDISPENSABLES À L'ÉLEVAGE DE DEMAIN." JOURNÉES PROFESSIONNELLES DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE POUR LA PRODUCTION FOURRAGÈRE (AFPF). VOL. 226. ASSOCIATION FRANÇAISE POUR LA PRODUCTION FOURRAGÈRE, 2016.
- 23) **ELLIS C ; SWANEY M. W ; EASTWOOD T ; (1947)** : SOILLESS GROWTH OF PLANTS, NEW YORK, REINHOLD PUBLISHING CORPORATION.
- 24) **FAO, (2001)** : MANUAL TECNICO FORRAJE VERDE HIDROPONICO, 56P.
- 25) **FUENTES, F ; POBLETE, C ; HUERTA, M ; PALAPE, I (2011)** : EVALUACION DE LA PRODUCCION Y CALIDAD NUTRITIVA DE AVENA COMO FORRAJE VERDE HIDROPONICO EN CONDICIONES DE DESIERTO ASSESSMENT OF PRODUCTION AND NUTRITIOUS QUALITY OF OATS AS GREEN HYDROPONIC FODDER UNDER DESERT CONDITIONS, IDESIA.
- 26) **GARCIA CARRILLO, M ; SALAS PEREZ, L ; ESPARZA RIVERA, J. R ; PRECIADO RANGEK, P ; ROMERO PAREDES, J ; (2013)** : « PRODUCCION Y CALIDAD FISICOQUIMICA DE LECHE DE CABRAS SUPLEMENTADAS CON FORRAJE VERDE HIDROPONICO DE MAIS », AGRONOMIA MESOAMERICANA. P169-176 .
- 27) **HAMMADACHE A, (1998)** LES FOURRAGES CULTIVES : UN IMPERATIF AU DEVELOPPEMENT DE LA PRODUCTION LAITIERE ; RESULTATS DES TRAVAUX DE RECHERCHE SUR LE TREFLE D'ALEXANDRIE (BERSIM). CEREALICULTURE ITGC. P 39-113.
- 28) **ILYAKALININ , (2020)** : LES STADES DE CROISSANCE DES USINES D'ORGE SONT EN PHASE DE DEVELOPPEMENT. HORDEUM VULGARE .
- 29) **KLEIN HD. , RIPPSTEIN G., HUGUENIN J. , TOUTAIN B , GUERIN H, LOUPPE D (2014)** « LES CULTURES FOURRAGÈRES » QUÆ, CTA, PRESSES AGRONOMIQUES DE GEMBOUX, 2014.
- 30) **LETARD M, LE TEINTURIER J, (1995)** : RECYCLAGE DES EFFLUENTS DE SOLUTION NUTRITIVE EN CULTURE HORS-SOL SOUS SERRE, INFOS-CTIFL, NO 111, PP. 29-31.
- 31) **LORENZ, K ; (1980)** : CEREAL SPROUTS : COMPOSITION, NUTRITIVE VALUE, FOOD APPLICATIONS, CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND

Références

NUTRITION..

32) MADR, (2006) : STATISTIQUES DU MADR : MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL, ALGERIE

33) MADRP, (2016). : MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DU DEVELOPPEMENT RURAL, 2016, STATISTIQUES AGRICOLES, SERIE B.

34) MIRALLES-BRUNEAU M. (2015) : UTILISATION DU FOURRAGE VERT HYDROPONIQUE EN PRODUCTION DE VIANDE BOVINE ET OVINE A LA REUNION : UNE ALTERNATIVE POUR PALLIER AUX DEFICITS FOURRAGERS FUTURS LIES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET AU MANQUE DE FONCIER AGRICOLE – SICAREVIA.

35) PEER, J ; LEESON, S ; (1985) : NUTRIENT CONTENT OF HYDROPONICALLY SPROUTED BARLEY, ANIMAL FEED SCIENCE AND TECHNOLOGY, 13, P 191:202.

36) PHILIPPE, (2014) : PHILIPPE LHOSTE AGRICULTURES TROPICALES EN POCHE 2014

37) RAYNAL G., GONDRAN, J., BOURNOVILLE R, COURTILLOT, M (.1989). “ENNEMIS ET MALADIES DES PRAIRIES » .ED. NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE 147, RUE D'UNIVERSITE-PARIS.101P

38) RECHACHI M.Z. , ABDELHAFID Y. , MENASRIA, H. , MELLAH A. , LAKHDARI F., HIOUAN F., (2020) : » MECANISMES DE TOLERANCE AU SEL CHEZ L'ORGE (HORDEUM VULGAREL) » ; JOURNAL ALGERIEN DES REGIONS ARIDES(JARA)

39) RENAUD J. (2002) : « RECOLTE DES FOURRAGES A TRAVERS LES AGES » PARIS : ED. JOUVE. - 529P.

40) RIPPSTEN G., ESCOBER G., MOTTA F.(2001). « AGRECOLOGIA Y BIODIVERSIDAD DE LAS SABANAS DE LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA » MONTPELLIER, CIRAD, CIAT, 302 p.

41) RODET, J.C ; (1997) : HERBAGE NATUREL HYDROPONIQUE ET GRAINS GERMEES : DES VITAMINS NATURELLES POUR LES ANIMAUX. BIO-BULLE.

42) RUSSELLE, (2001) : ALFA ALFA, AM SCI 89 :252-259.

- 43) **SEDKI M ET MIMOUNI A, (1995):** EFFETS DE SUBSTRATS LOCAUX SUR TOMATE EN CULTURE HORS SOL. INRA, CENTRE REGIONAL DU SOUSS-SAHARA, B.P. L24, INEZGANE, MAROC. 15P
- 44) **SIMON H., CODACCIONI P., LE COEUR X. (1989) :** « PRODUIRE LES CEREALES A PAILLE. AGRICULTURE D'AUJOURD'HUI, SCIENCE, TECHNIQUES, APPLICATIONS » ED°. J.B.BAILLIERE ; P333
- 45) **SKAFF. WADIH (2001) :** « ROLE DE LA PULPE DE BETTERAVE DANS L'AMELIORATION DE LA PRODUCTION LAITIERE ET DES MATIERES GRASSES ET PROTEIQUES DU LAIT DE VACHE ». MEMOIRE DE DIPLOME D'ETUDES APPROFONDIES (DEA) AGROALIMENTAIRE ASSURANCE-QUALITE, INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE PARIS-GRIGNON (INA P-G), 45P.
- 46) **SOUCY ADAM, (2016) :** « SYSTEME DE SURVEILLANCE DU STATUT NUTRITIONNEL DES PLANTS DE TOMATES UTILISANT LA VISION NUMERIQUE PROCHE INFRAROUGE. »
- 47) **SRAÏRI, (2015) :** SRAÏRI, MOHAMED TAHER. "LES CULTURES FOURRAGERES." *CAHIERS AGRICULTURES* 24.3P.
- 48) **URBAN L ; (1997) :** INTRODUCTION A LA PRODUCTION SOUS SERRE. TOME 2 ; L'IRRIGATION FERTILISANTE EN CULTURES HORS. ED. TEC ET DOC LAVOISIER.
- 49) **VAN DAMME PATRICK., (2014) :** "LES CULTURES FOURRAGERES ». *AGRICULTURES TROPICALES EN POCHE*.
- 50) **VANCE C.P. (2000) :** « SYMBIOTIC NITROGEN FIXATION AND PHOSPHORUS ACQUISITION. PLANT NUTRITION IN A WORLD OF DECLINING RENEWABLE RESOURCES". *PLANT PHYSIOL* 127, 390-397.
- 51) **WATTIAUX ET HOWARD, (2001) :** "TECHNICAL DAIRY GUIDE:

NUTRITION AND FEEDING”. UNIVERSITY OF WISCONSIN.

**52) WEBMASTER, (2019) : GUIDE DE CULTURE DU FOURRAGE
HYDROPONIQUE ETAPE PAR ETAPE.**

ANNEXES

ANNEXES

Tableau A : récapitulatif de l'ensemble de modifications obtenues des cultures selon le temps et le traitement

Espèces	Traitement	Répétition	Parce	Poids 8 ème jours	Taille 8 ème jours	Poids 9 ème jours	Taille 9 ème jours	Poids 10 ème jours	Taille 10 ème jours	Poids 14 ème jours	Taille 14 ème jours	Matière sèche 15ème jours	Le taux sèche
1	1	1	103	115,40	10,40	106,60	11,30	104,20	11,90	84,60	13,10	5,28	6,24
1	1	2	102	111,80	9,10	100,10	9,60	98,90	10,10	80,20	13,60	4,64	5,78
1	1	3	101	90,70	7,50	83,30	8,10	83,70	9,50	69,20	11,40	3,91	5,65
1	2	1	104	94,10	7,30	100,90	7,60	105,20	9,40	65,50	10,10	4,34	6,62
1	2	2	201	84,60	7,60	101,90	7,90	117,10	9,90	76,50	10,50	5,11	6,67
1	2	3	204	63,50	5,50	68,50	5,70	78,10	7,10	54,20	8,10	3,50	6,45
2	1	1	303	94,40	4,20	90,70	4,50	90,40	4,30	81,00	4,90	22,42	27,67
2	1	2	301	84,30	3,20	79,50	3,50	83,70	3,80	76,70	4,20	23,19	30,23
2	1	3	302	100,20	3,20	94,80	3,50	94,10	3,60	91,00	4,60	21,23	23,32
2	2	1	304	90,80	3,40	97,20	3,80	102,20	3,60	79,90	3,90	25,27	31,62
2	2	2	202	94,10	3,10	107,70	3,40	135,40	4,70	99,90	4,80	24,65	24,67
2	2	3	203	108,50	3,40	110,90	3,60	118,10	3,70	85,50	3,90	22,49	26,30

Tableau B : La moyenne des poids des cultures selon le temps et le traitement

	J0	j8	j9	j10	j14
T1O	30	105,9	96,7	95,6	78
T2O	30	80,7	90,4	100,1	65,4
T1L	30	93	88,3	89,4	82,9
T2L	30	97,8	105,26	118,5	88,43

Tableau C : La moyenne des tailles des cultures selon le temps et le traitement

	J0	J8	J9	J10	J14
T1O	0	9	9,7	10,5	12,7
T2O	0	6,8	7,06	8,8	9,6
T1L	0	3,5	3,8	4	4,5
T2L	0	3,3	3,6	3,8	4,2

Variable : poids 8ème jours**Ecart-types des résidus**

Ecart-types facteur 1 = espèces

1 (orge)	2 (luzerne)
13,013	7,832

Ecart-types facteur 2 = Traitement

T1	T2
9,855	11,557

Analyse de variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. totale	2155,888	11	195,99				
Var. facteur 1	12,404	1	12,404	0,086	0,77255		
Var. facteur 2	312,12	1	312,12	2,165	0,17726		
Var. inter f1*2	678,004	1	678,004	4,703	0,06017		
Var. résiduelle 1	1153,36	8	144,17			12,007	12,72%

Moyennes inter f1*2 = espèces traitement

	1 (orge)	2 (luzerne)
T1	105,967	92,967
T2	80,733	97,8

Variable : taille 8ème jours

Ecart-types des résidus :

Ecart-types facteur 1 = espèces

1 (orge)	2 (luzerne)
1,166	0,381

Ecart-types facteur 2 = traitement

T1	T2
0,989	0,727

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. totale	75,169	11	6,834				
Var. facteur 1	60,301	1	60,301	64,093	0,00007		
Var. facteur 2	4,441	1	4,441	4,72	0,05979		
Var. inter f1*2	2,901	1	2,901	3,083	0,11468		
Var. résiduelle 1	7,527	8	0,941			0,97	17,14%

Moyennes inter f1*2 = espèces traitement

	1 (orge)	2 (luzerne)
T1	9	3,533
T2	6,8	3,3

Variable : poids 9ème jours

Ecart-types des résidus

Ecart-types facteur 1 = espèces

1 (orge)	2 (luzerne)
14,221	6,755

KHI2 = 2.316

PROB =0.12372

Ecart-types facteur 2 = traitement

T1	T2
9,106	12,844

KHI2 = 0.528

PROB =0.47445

Analyse de variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var. totale	1759,482	11	159,953				
Var. facteur 1	31,688	1	31,688	0,205	0,66522		
Var. facteur 2	85,868	1	85,868	0,554	0,48307		
Var inter f1*2	402,52	1	402,52	2,598	0,14319		
Var résiduelle 1	1239,406	8	154,926			12,447	13,08%

Moyennes inter f1*2 = espèces traitement

	1 (orge)	2 (luzerne)
T1	96,667	88,333
T2	90,433	105,267

Variable : taille 9 éme jours

Ecart-types des residus

Ecart-types facteur 1 = espèces

1 (orge)	2 (luzerne)
1,263	0,386

KHI2 = 5.277

PROB =0.02051

Ecart-types facteur 2 = traitement

T1	T2
1,076	0,765

KHI2 = 0.52

PROB =0.47775

Analyse de variance

	S.C.E	DD L	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var totale	83,809	11	7,619				
Var facteur 1	64,868	1	64,868	59,511	0,00009		
Var facteur 2	6,021	1	6,021	5,524	0,04528		
Var inter f1*2	4,201	1	4,201	3,854	0,08302		
Var résiduelle 1	8,72	8	1,09			1,044	17,28%

Moyennes inter f1*2 = espèces traitement

	1 (orge)	2 (luzerne)
T1	9,667	3,833
T2	7,067	3,6

Variable : poids 10 éme jours

ANNEXES

Ecarts-types facteur 1 = espèces

1 (orge)	2 (luzerne)
14,321	11,018

KHI2 = 0.309

PROB =0.58549

Ecarts-types facteur 2 = traitement

T1	T2
7,511	16,434

KHI2 = 2.542

PROB =0.10655

Analyse de variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var totale	3051,602	11	277,418		
Var facteur 1	112,242	1	112,242	0,55	0,48472
Var facteur 2	851,768	1	851,768	4,174	0,07325
Var inter f1*2	455,099	1	455,099	2,23	0,17148
Var résiduelle 1	1632,493	8	204,062		

Moyennes inter f1*2 = espèces traitement

	1 (orge)	2 (luzerne)
T1	95,6	89,4
T2	100,133	118,567

Variable : taille 10 éme jours

Ecart-types des résidus

Ecart-types facteur 1 = espèces

1 (orge)	2 (luzerne)
1,231	0,447

KHI2 = 4.032

PROB =0.04213

ECARTS-TYPES FACTEUR 2 = traitement

T1	T2
0,822	1,02

KHI2 = 0.209

PROB =0.65218

Analyse de variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var totale	110,4	11	10,036				
Var facteur 1	97,47	1	97,47	90,881	0,00002		
Var facteur 2	1,92	1	1,92	1,79	0,21622		
Var inter f1*2	2,43	1	2,43	2,266	0,16843		
Var résiduelle 1	8,58	8	1,073			1,036	15,23%

Moyennes inter f1*2 = espèces traitement

	1 (orge)	2 (luzerne)
T1	10,5	3,9
T2	8,8	4

Variable : poids 14 éme jours

ANNEXES

Ecarts-types des résidus :

Ecarts-types facteur 1 = espèces

1 (orge)	2 (luzerne)
8,654	8,007

KHI2 = 0.027

PROB =0.86304

Ecarts-types facteur 2 = traitement

T1	T2
6,834	9,608

KHI2 = 0.518

PROB =0.47866

Analyse de variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var totale	1564,336	11	142,212				
Var facteur 1	585,203	1	585,203	6,736	0,03095		
Var facteur 2	37,453	1	37,453	0,431	0,5354		
Var inter f1*2	246,614	1	246,614	2,838	0,12801		
Var résiduelle 1	695,067	8	86,883			9,321	11,85%

Moyennes inter f1*2 = espèces traitement

	1 (orge)	2 (luzerne)
T1	78	82,9
T2	65,4	88,433

Variable : taille 14 éme jours

ANNEXES

Ecarts-types des residus

Ecarts-types facteur 1 = espèces

(orge)	2 (luzerne)
1,092	0,397

KHI2 = 4.034

PROB =0.04208

Ecarts-types facteur 2 = traitement

T1	T2
0,762	0,877

KHI2 = 0.089

PROB =0.76325

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var totale	158,369	11	14,397				
Var facteur 1	136,688	1	136,688	161,92	0		
Var facteur 2	9,187	1	9,187	10,883	0,01075		
Var inter f1*2	5,741	1	5,741	6,801	0,03036		
Var résiduelle 1	6,753	8	0,844			0,919	11,84%

Moyennes inter f1*2 = espèces traitement

	1 (orge)	2 (luzerne)
T1	12,7	4,567
T2	9,567	4,2

Variable : matière sèche 15 éme jours

ANNEXES

Ecarts-types des residus
Ecarts-types facteur 1 = espèces

1 (orge)	2 (luzerne)
0,669	1,114

KHI2 = 1.137

PROB =0.28636

Ecarts-types facteur 2 = traitement

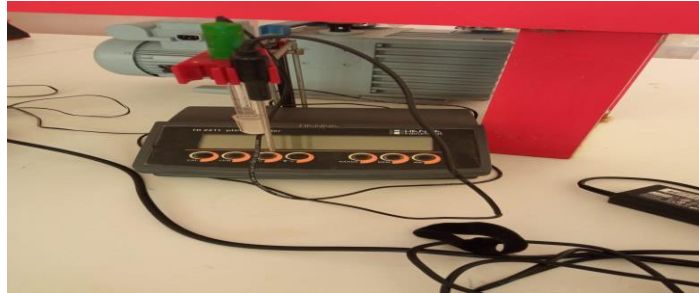
T1	T2
0,76	1,054

KHI2 = 0.477

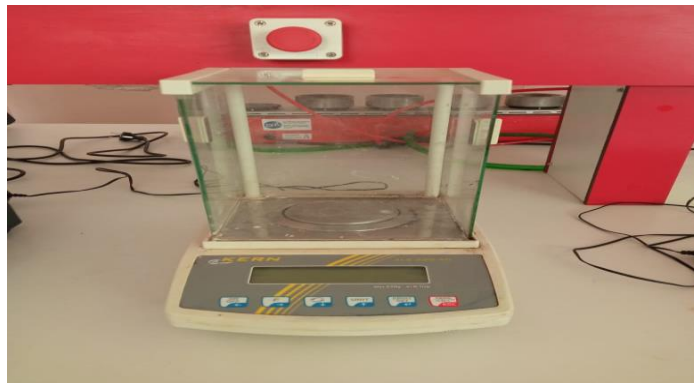
PROB =0.49687

Analyse de variance

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
Var totale	1067,87	11	97,079				
Var facteur 1	1054,123	1	1054,123	998,382	0		
Var facteur 2	1,833	1	1,833	1,736	0,22279		
Var inter f1*2	3,467	1	3,467	3,283	0,10511		
Var résiduelle 1	8,447	8	1,056			1,028	7,43%



Potentiel hydrogène



Balance de précision



Conductivité électrique



L'étuve/four

Résumé :

Notre travail a pour objectif de faire un essai de mise en culture de l'Orge et de la Luzerne pour la production de fourrage vert dans des conditions d'hydroponie pure. Pour cela 2 traitements ont été expérimentés qui sont l'apport d'une solution nutritive et une irrigation avec de l'eau de robinet.

A l'issue de cette expérimentation, les résultats de mesure de 3 paramètres (poids, Taille de la végétation, le taux de matière sèche) sont reportés. Ces derniers ont montré que la solution nutritive a eu un effet sur le poids et la taille de l'Orge hydroponique mais pas sur la Luzerne. La quantité de matière sèche est plus importante dans le fourrage vert de Luzerne. La date de récolte idéale (poids maximal) est le 8eme j pour l'Orge et le 10eme j pour la Luzerne.

Mots clés : hydroponie, Orge, Luzerne, solution nutritive, poids, matière sèche

الملخص

الهدف من عملنا هو اختبار زراعة الشعير والبرسيم لإنتاج العلف الأخضر في ظل ظروف الزراعة المائية النقية. لهذا الغرض ، تم اختبار علاجين هما إضافة محلول مغذي والري بماء الصنبور. في نهاية هذه التجربة ، تم الإبلاغ عن نتائج قياس 3 متغيرات (الوزن ، حجم الغطاء النباتي ، محتوى المادة الجافة). أظهرت هذه الدراسات أن المحلول المغذي كان له تأثير على وزن وارتفاع الشعير المائي ولكن ليس على البرسيم. كمية المادة الجافة أكبر في علف البرسيم الأخضر. موعد الحصاد المثالي (أقصى وزن) هو اليوم الثامن للشعير واليوم العاشر للبرسيم.

الكلمات المفتاحية: الزراعة المائية ، الشعير ، البرسيم ، المحلول المغذي ، الوزن ، المادة الجافة

Summary

The objective of our work is to test the cultivation of barley and alfalfa for the production of green fodder under pure hydroponic conditions. For this, 2 treatments have been tested which are the addition of a nutrient solution and irrigation with tap water.

At the end of this experiment, the measurement results of 3 parameters (weight, size of the vegetation, dry matter content) are reported. These showed that the nutrient solution had an effect on the weight and height of hydroponic barley but not on alfalfa. The amount of dry matter is greater in green alfalfa fodder. The ideal harvest date (maximum weight) is the 8th day for Barley and the 10th day for Alfalfa.

Keywords: hydroponics, barley, alfalfa, nutrient solution, weight, dry matter