

EVALUATION DE L'EFFET DU GYPSE SUR LA DYNAMIQUE DE L'AZOTE ET LA PRODUCTION DE LA MATIERE SECHE CHEZ LE RAY GRASS EN PRESENCE DES AMENDEMENTS ORGANIQUES

EVALUATION OF THE EFFECT OF GYPSUM ON THE DYNAMICS OF NITROGEN AND ON THE PRODUCTION OF DRY MATTER OF A RYEGRASS IN PRESENCE OF ORGANIC AMENDMENTS

F. HIOUANI⁽¹⁾, M. DEBABECHE⁽²⁾

⁽¹⁾Laboratoire de recherche en diversité des écosystèmes et dynamiques des systèmes de production agricoles en zones arides. Université de Biskra, Algérie

⁽²⁾Laboratoire de recherche en Génie civil, Hydraulique, Développement durable et Environnement. Université de Biskra, Algérie

RESUME

La présente étude a pour objet de déterminer l'effet du gypse sur la dynamique de l'azote et la production de la matière sèche d'une plante fourragère, le ray grass d'Italie. L'expérimentation a été effectuée sur un sol pauvre en gypse et en calcaire. En effet, Trente six (36) traitements, disposés selon un dispositif split-plot à trois répétitions dans lesquelles trois doses de matière organique des deux types de fumiers : fumier volaille et fumier ovin et six taux de gypse (0, 5, 10, 20, 40, 60%), ont été testés.

Les résultats obtenus ont montré que l'augmentation du taux de gypse au-delà de 5% provoque une diminution du poids de la matière sèche aérienne et racinaire, une faible minéralisation de l'azote et une faible quantité d'azote dans la plante.

En outre, la dose V2 du fumier volaille et le traitement G5V2 ont enregistré les plus bons résultats avec tous les paramètres étudiés.

MOTS CLES: gypse, matière sèche, azote, dynamique.

ABSTRACT

The present study aims to determine the effect of gypsum on the dynamics of nitrogen and on the production of dry matter of Italian ryegrass forage. The experiment was carried out on poor soil gypsum and limestone.

Indeed, thirty six (36) treatments, arranged in split plot design with three replications in which three doses of organic matter of two types of manure: poultry manure and sheep manure and six rates of gypsum (0, 5, 10, 20, 40, 60%), were tested.

The results obtained showed that the increased rate of gypsum, greater than 5%, causes a decrease of the weight of aerial dry matter and roots, low nitrogen mineralization and a small amount of nitrogen in the plant. Furthermore, the V2 dose of poultry manure and the treatment G5V2 are registered the most good results with all studied parameters.

KEYWORDS: gypsum, dry matter, nitrogen, dynamic.

1 INTRODUCTION

Le gypse est une source modérément soluble des nutriments essentiels, le calcium et le soufre pour les plantes (Dick et al, 2008 in Rasouli et al, 2013). Selon les auteurs (Whitfield et al, 1989 ; Rasouli et al, 2013), il existe une relation entre le gypse disponible et la vitesse d'absorption des éléments

nutritifs par la plante. Une teneur élevée en gypse affecte la mobilité et la disponibilité de P, K, Mg, Fe, Mo, Zn pour les plantes (Florea et Al- Joumaa, 1998) et diminue la croissance et les rendements des cultures (Mashali, 1996 ; Cairns et al, 1981). Son effet dépend de plusieurs facteurs tels que sa nature, la solubilité des éléments nutritifs, leur

forme, leur distribution horizontale et verticale et l'emplacement des couches de gypse dans le profil (Mashali, 1996). Dans les sols non-sodiques, l'addition des composés de calcium a montré leur influence sur la biomasse microbienne du sol (Carter, 1986). Les changements dans la disponibilité d'azote dans le sol pour la croissance des plantes se produisent à la fois par des changements dans les conditions du sol et des taux de décomposition microbienne de la litière végétale (Pastor et Naiman, 1992 in Wilson et Jefferies, 1996).

Al Rawi et al (1983) ont annoncé que le millet a montré une grande réponse aux engrais organiques dans les sols gypseux. Ces engrais ont amélioré le taux d'humidité disponible et diminué la solubilité du gypse.

Différentes études ont été effectuées sur l'influence du gypse sur la croissance et le rendement des végétaux sous différentes conditions (Shahi et al, 1978 ; Mathur et al, 1983 ; Whitfield et al, 1989 ; Messenger et al, 2000 ; Rasouli et al, 2013), mais de nombreuses questions restent en suspend, jusqu'à aujourd'hui ; on effet, nous ne disposons pas encore de connaissances suffisantes sur l'influence du gypse sur la dynamique de l'azote et la

pH (1/2,5)	CE dS/m (1/5)	Calcaire total %	Gypse %	CEC meq/100g	MO %	Texture			P total ppm
						S%	L%	A%	
6,71	0,2	0	0	18,34	0,33	52,52	37,35	10,13	117

2.1.2 Le gypse

Le minerai de gypse utilisé dans cette expérience a été apporté sous sa forme brute de l'usine de plâtre d'Ouled Djalal, située à 80 Km à l'Est du chef lieu de la wilaya de Biskra. Il a été ensuite broyé à l'aide d'un broyeur jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Son analyse a montré qu'il contient 73,43% de gypse pur.

2.1.3 Amendements organiques

Deux types d'amendements organiques ont été utilisés dans ce travail : un fumier ovin et un fumier de volailles. Le fumier ovin se caractérise par un taux de carbone organique de 37,91%, un taux d'azote de 1,80% et un rapport C/N de 21,06. En outre le fumier de volailles se caractérise par un taux de carbone organique de 30,36%, un taux d'azote de 2,23% et un rapport C/N de 13,61.

2.1.4 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est le ray grass d'Italie (*Lolium multiflorum*). C'est une plante herbacée annuelle de la famille des poacées, couramment cultivée comme plante fourragère. Elle est choisie pour cette étude parce qu'elle répond très bien à la fertilisation et repousse rapidement après des coupes successives (Lemaire, 1977).

production de biomasse végétale. C'est pourquoi, nous avons simulé ce processus de corrélations que pourrait induire le gypse sur la dynamique de l'azote et la production de biomasse végétale dans des conditions semi contrôlées en présence d'amendements organiques.

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 MATERIELS

2.1.1 Le sol

Le sol utilisé dans ce travail est apporté de la région de Bazoul, située à 15 Km à l'Est du chef lieu de la wilaya de Djijel sur les coordonnées géographiques 36° 48' 64 N 5° 45' 44 E, à 932 m au dessus de la mer. Il se caractérise par une texture limono-sableuse, un pH (1/2,5) neutre avec 6,71, une conductivité électrique (1/5) de 0,2 dS/m ; il est non salé, et ne contient pas de calcaire ni de gypse (tableau 01).

Tableau 01 : Caractéristiques physico-chimiques du sol étudié.

2.2 Protocol expérimental

Les essais ont été réalisés dans des pots en plastiques de 1 Kg, mesurant 13 cm de hauteur, avec un diamètre de 15 cm à l'ouverture et 10 cm à la base.

Dans chaque pot, il a été introduit 700 g de mélange (sol, gypse, fumier). Six doses de gypse ont été testées (G0=0% ; G5=5% ; G10=10% ; G20=20% ; G40=40% ; G60= 60%) et trois doses de matière organique des deux types de fumier; un fumier ovin (D0= 0% MO ; D1= 2,5% MO ; D2= 5%MO) et un fumier de volaille (V0= 0% MO ; V 1= 2,5% MO ; V 2= 5%MO). Le dispositif expérimental utilisé est le split-plot avec 36 traitements à raison de trois répétitions. Le facteur principal est la dose du gypse et les facteurs secondaires sont le type et la dose du fumier (tableau 2).

Tableau 2 : Dispositif expérimental

B1		B2		B3	
G ₂₀ V ₀	G ₂₀ D ₀	G ₅ D ₁	G ₅ V ₁	G ₄₀ V ₂	G ₄₀ D ₂
G ₁₀ V ₀	G ₁₀ D ₀	G ₀ D ₁	G ₀ V ₁	G ₂₀ V ₂	G ₂₀ D ₂
G ₅ V ₀	G ₅ D ₀	G ₁₀ D ₁	G ₁₀ V ₁	G ₀ V ₂	G ₀ D ₂
G ₀ V ₀	G ₀ D ₀	G ₆₀ D ₁	G ₆₀ V ₁	G ₅ V ₂	G ₅ D ₂
G ₄₀ V ₀	G ₄₀ D ₀	G ₂₀ D ₁	G ₂₀ V ₁	G ₆₀ V ₂	G ₆₀ D ₂
G ₆₀ V ₀	G ₆₀ D ₀	G ₄₀ D ₁	G ₄₀ V ₁	G ₁₀ V ₂	G ₁₀ D ₂

G ₂₀ V ₂	G ₂₀ D ₂		G ₅ D ₀	G ₅ V ₀		G ₄₀ V ₁	G ₄₀ D ₁
G ₁₀ V ₂	G ₁₀ D ₂		G ₀ D ₀	G ₀ V ₀		G ₂₀ V ₁	G ₂₀ D ₁
G ₅ V ₂	G ₅ D ₂		G ₁₀ D ₀	G ₁₀ V ₀		G ₀ V ₁	G ₀ D ₁
G ₀ V ₂	G ₀ D ₂		G ₆₀ D ₀	G ₆₀ V ₀		G ₅ V ₁	G ₅ D ₁
G ₄₀ V ₂	G ₄₀ D ₂		G ₂₀ D ₀	G ₂₀ V ₀		G ₆₀ V ₁	G ₆₀ D ₁
G ₆₀ V ₂	G ₆₀ D ₂		G ₄₀ D ₀	G ₄₀ V ₀		G ₁₀ V ₁	G ₁₀ D ₁
G ₂₀ V ₁	G ₂₀ D ₁		G ₅ D ₂	G ₅ V ₂		G ₄₀ V ₀	G ₄₀ D ₀
G ₁₀ V ₁	G ₁₀ D ₁		G ₀ D ₂	G ₀ V ₂		G ₂₀ V ₀	G ₂₀ D ₀
G ₅ V ₁	G ₅ D ₁		G ₁₀ D ₂	G ₁₀ V ₂		G ₀ V ₀	G ₀ D ₀
G ₀ V ₁	G ₀ D ₁		G ₆₀ D ₂	G ₆₀ V ₂		G ₅ V ₀	G ₅ D ₀
G ₄₀ V ₁	G ₄₀ D ₁		G ₂₀ D ₂	G ₂₀ V ₂		G ₆₀ V ₀	G ₆₀ D ₀
G ₆₀ V ₁	G ₆₀ D ₁		G ₄₀ D ₂	G ₄₀ V ₂		G ₁₀ V ₀	G ₁₀ D ₀

La densité de semis utilisée est 12Kg/ha, ce qui correspond à 3mg/pot. Au stade de trois feuilles, les plants ont été élagués afin de conserver le même nombre de plants à chaque pot. Le semis a été réalisé le 08 septembre 2013. Les graines ont été réparties d'une façon homogène sur la surface du pot, puis enfouies à une profondeur de 2 cm (Minette, 2011).

Deux types d'engrais ont été utilisés pour la fertilisation de la culture ; le phosphore sous forme triple superphosphate TPS à raison de 90 U/ha, et le potassium sous forme de sulfate de potassium à raison de 100 U/ha à la mise en place (FERTIAL, 2010). Les engrais ont été finement broyés pour améliorer leur solubilité et leur homogénéité avec le sol.

Les essais ont été conduits en conditions semi-contrôlées. Les plantes ont été exposées aux conditions climatiques normales mais protégées de la pluie. L'irrigation des pots a été faite par arrosage manuel. L'humidité a été conservée proche de celle de la capacité de rétention. L'eau d'irrigation est caractérisée par une CE de 1.1 dS/m, pH 7.78 et une teneur en NO₃ de 0.45 meq/l.

La mesure du poids de la partie sèche aérienne, l'analyse de l'azote total dans la plante et l'azote minéral dans le sol, ont été réalisées après chaque coupe (30, 60, 90, 120 et 150 jours de l'expérience). En outre la mesure du poids sec de la partie racinaire a été faite à la fin de l'expérience.

2.2.1 Analyse statistique

L'analyse statistique a été faite à l'aide du logiciel XL Stat qui permet d'effectuer l'analyse de la variance (ANOVA) pour les différents traitements. Les tests de comparaison des moyennes ont été effectués selon la méthode de Newman-Keuls. Les niveaux de signification des traitements ont été déterminés à un niveau de probabilité de 0,05.

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 Effet du gypse sur l'évolution de l'azote minéral dans le sol en présence des amendements organiques

L'examen de la figure 01, montre que la quantité la plus élevée en azote minéral est enregistrée avec la dose 5% en gypse. En outre elle diminue avec l'augmentation du taux de gypse à partir de 10%. Aussi nous remarquons une bonne minéralisation de l'azote dans le sol qui contient le fumier volaille que le sol qui contient le fumier ovin. La dose V2 a enregistré une meilleure minéralisation que la dose V1. Ensuite, elles sont suivies par la dose D2 puis D1 par rapport au témoin. Ceci est peut être expliqué par la richesse du fumier volaille en azote que le fumier ovin. Ces résultats sont confirmés par l'analyse statistique (tableau 03 et 04). La minéralisation de l'azote est enregistrée avec le traitement G5V2.

D'après N'Dayegamiye et al, l'efficacité fertilisante de l'azote dépend de la teneur en cet élément de l'amendement ou engrais apporté. Plus le rapport C/N d'un amendement organique est élevé, plus il se décompose lentement dans le sol et, par conséquent, plus le processus de minéralisation de N organique est lent (Kende, 2010). Janssen (1996) a trouvé une relation linéaire négative entre la quantité d'N organique minéralisable et le rapport C/N du sol.

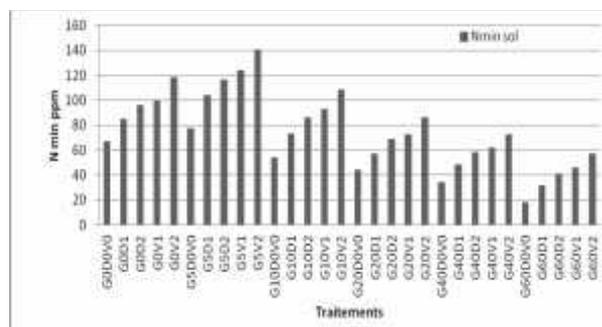


Figure 1: Evolution de l'azote minéral en fonction du taux de gypse en présence des amendements organiques.

Tableau 03: Classement des groupes homogènes (test Newman Keuls à 5%) pour l'effet du gypse sur la quantité moyenne l'azote minéral.

Modalités	Moyennes estimées	Groupes
5%	112,606	A
0%	93,09	B
10%	82,923	C
20%	65,715	D
40%	55,089	E
60%	39,830	F

Tableau 04: Classement des groupes homogènes (test Newman Keuls à 5%) pour l'effet du fumier sur la quantité moyenne l'azote minéral.

Modalités	Moyennes estimées	Groupes
V2	97,414	A
V1	83,044	B
D2	77,954	C
D1	66,769	D
D0V0	49,197	E

3.2 Effet du gypse sur la teneur en azote total du ray-grass en présence des amendements organiques

L'analyse de la figure 02 révèle que, la quantité la plus élevée en azote total dans la partie aérienne de la plante est enregistrée avec la dose 5% en gypse, ceci est la conséquence d'une bonne minéralisation de l'azote organique du sol avec cette dose en gypse. Par contre une diminution dans cette quantité est enregistrée avec l'augmentation du taux de gypse à partir de 10%. La quantité absorbée par la plante est proportionnelle à la quantité libérée dans le sol ($r = 0,81$).

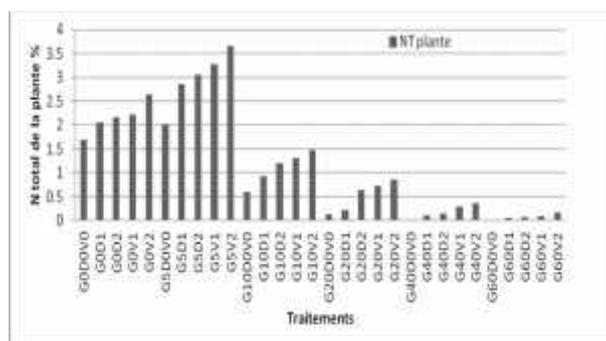


Figure 02: Evolution de l'azote total de la plante en fonction du taux de gypse en présence des amendements organiques.

L'analyse statistique confirme que l'augmentation du taux du gypse dans le sol au-delà de 5%, influence négativement la teneur en azote de la plante (tableau 05).

En outre la quantité la plus élevée en azote dans la plante est enregistré avec la dose V2. En général elles sont classées selon la quantité d'azote dans la plante comme suit $V2 > V1 > D2 > D1 > D0V0$. Donc le fumier volaille a enregistré les quantités les plus élevées en azote dans la partie aérienne du ray grass d'Italie. L'analyse statistique témoigne ce résultat (tableau 06).

En outre la quantité la plus élevée en azote dans la partie aérienne du ray grass d'Italie est enregistré avec le traitement G5V2.

Machet et al, (1987) ont mentionnées que, lorsque l'azote minéral augmente dans le sol, la quantité d'azote dans la plante croît proportionnellement à la quantité apportée.

La minéralisation de l'azote dépend fortement des conditions thermiques et hydrologiques du milieu, ainsi que

de la présence de substrats de qualité, capables de fournir aux micro-organismes les nutriments et l'énergie nécessaire (Kara.Mitcho et al, 2004).

La présence des concentrations élevées en Ca^{+2} et en SO_4^{-2} dans la solution du sol diminue le prélèvement d'autres ions tels que K, Mg, Fe, Cu, Zn, P, NO_3 , ceci traduit par une pression osmotique élevée qui réduit l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs par la plante (Mashali, 1996).

Tableau 05: Classement des groupes homogènes (test Newman Keuls à 5%) pour l'effet du gypse sur la quantité moyenne d'azote total dans la plante.

Modalités	Moyennes estimées	Groupes
5%	2,967	A
0%	2,150	B
10%	1,104	C
20%	0,511	D
40%	0,187	E
60%	0,075	F

Tableau 06: Classement des groupes homogènes (test Newman Keuls à 5%) pour l'effet du fumier sur la quantité moyenne d'azote total dans la plante.

Modalités	Moyennes estimées	Groupes
V2	1,520	A
V1	1,316	B
D2	1,209	C
D1	1,036	D
D0V0	0,748	E

3.3 Effet du gypse sur le rendement en matière sèche de la biomasse aérienne en présence des amendements organiques

Le poids le plus élevé en matière sèche aérienne a été enregistré avec le taux 5% en gypse alors que le poids le plus faible de cette matière a enregistré avec le taux 60% en gypse. L'analyse statistique (tableau 07) confirme ces résultats. L'augmentation du taux de gypse au-delà de 5% provoque la diminution de la matière sèche aérienne. Le coefficient de corrélation entre le taux de gypse et la quantité de la matière sèche aérienne est négatif et élevé ($r = -0,73$).

Les quantités enregistrées avec les doses 10, 20, 40 et 60% sont toutes inférieures à la quantité produite par le système témoin, qui ne contient pas de gypse (fig.03). Le calcium et les sulfates libérés par le gypse sont indispensables à la nutrition et la croissance des plantes mais leur présence avec des taux élevés provoque l'augmentation de la pression osmotique et conduit à une toxicité spécifique par ces éléments.

D'après Cairns et al (1981), la réduction de la croissance de la plante, où le gypse est appliqué, a été associée à des changements probables de l'activité microbienne et à l'immobilisation de l'azote. Dans les sols sableux à haute teneur en gypse (25-50%), toutes les cultures ont été touchées mais l'oignon et la luzerne ont donné des bons rendements (Mashali, 1996).

Tableau 07: Classement des groupes homogènes (test Newman Keuls à 5%) pour l'effet du gypse sur le rendement moyen en matière sèche aérienne.

Modalités	Moyennes estimés	Groupes
5%	2,302	A
0%	1,883	B
10%	0,702	C
20%	0,639	C
40%	0,593	C
60%	0,535	C

Pour l'effet de la dose de fumier ovin sur la production de la matière sèche aérienne, les résultats enregistrés montrent que le taux de la matière sèche aérienne le plus élevé est enregistré avec la dose D2 suivie par la dose D1 par rapport au témoin. L'augmentation de la dose de fumier ovin provoque une augmentation de la quantité de la matière sèche aérienne. Leur taux de corrélation est de ($r = 0,97$).

Pour ce qui est de l'effet de la dose du fumier volaille sur la production de la matière sèche aérienne, la dose V2 a enregistré le taux le plus élevé en matière sèche aérienne par rapport au autres doses. De son coté, la dose V1 a enregistré une quantité de matière sèche aérienne supérieure à celle enregistrée par le témoin (D0V0). Ainsi on peut conclure que la production de la matière sèche aérienne augmente avec l'augmentation de la dose du fumier volaille. L'étude statistique a montré une corrélation forte et positive entre ces deux derniers ($r = 0,92$).

Comparativement au fumier ovin, la dose V2 du fumier volaille a enregistré la quantité la plus élevée en matière sèche aérienne. L'analyse statistique confirme que la dose V2 a donné le meilleur rendement en matière sèche aérienne alors que la dose D1 donne un rendement faible par rapport au témoin (tableau 08). Ceci s'explique par la richesse de la dose V2 en matière organique et sa minéralisation qui libère plus d'azote et d'éléments nutritifs nécessaires à la croissance de la plante que les autres doses. En outre le fumier volaille ayant un rapport C/N faible avec 13,61 ; se décompose plus rapidement que le fumier ovin qui possède un rapport C/N élevée ($C/N = 21,06$).

Aussi le traitement G5V2 a enregistré le meilleur rendement en matière sèche aérienne.

Silva et al. (2002) ont noté une augmentation linéaire du rendement en fruit de la tomate dans les sols à faible taux de gypse avec un apport d'engrais azoté, puis une

diminution linéaire de la matière sèche aérienne (feuilles et fruits) suite à l'augmentation du taux de gypse à partir de 22% de gypse.

Tableau 08: Classement des groupes homogènes (test Newman Keuls à 5%) pour l'effet du fumier sur le rendement moyen en matière sèche aérienne.

Modalités	Moyennes estimés	Groupes
V2	1,283	A
V1	1,226	A B
D2	1,095	B C
D1	1,040	C
D0V0	0,901	D

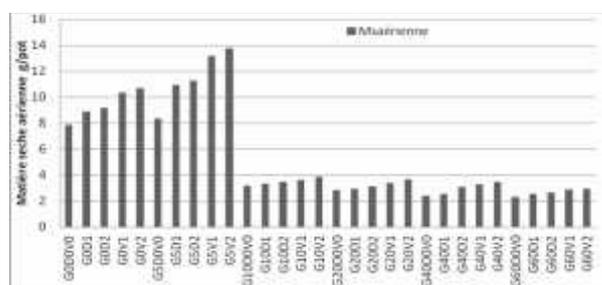


Figure 03: Evolution de la matière sèche de la partie aérienne en fonction du taux de gypse en présence des amendements organiques.

3.4 Effet du gypse sur le taux de la matière sèche racinaire du ray grass en présence des amendements organiques

L'évolution de la matière sèche de la biomasse racinaire en fonction du taux de gypse et sous l'effet de deux types d'amendements, un fumier ovin et un fumier volaille (fig. 04), montre que le meilleur rendement en matière sèche racinaire est enregistré avec une dose 5% de gypse. La dose 0% de gypse vient en deuxième position. Les faibles rendements en matière sèche de la biomasse racinaire sont enregistrés avec les taux 10, 20, 40 et 60%. Le coefficient de corrélation entre le taux de gypse et le rendement en matière sèche racinaire est négatif et fortement corrélé ($r = -0,99$). La dissolution des taux élevés en gypse, augmente la pression osmotique dans la solution du sol, et inhibe la plante d'absorber l'eau et les éléments minéraux nécessaires à leur développement.

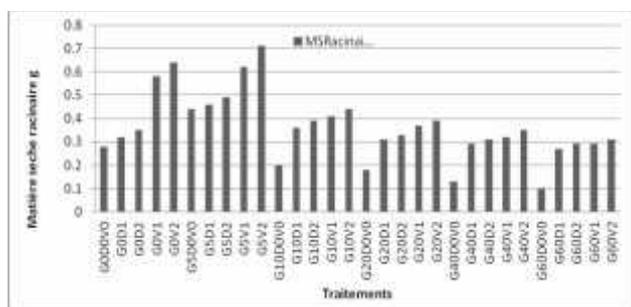
Les meilleurs rendements en matière sèche de la biomasse racinaire sont enregistrés pour le fumier volaille avec la dose V2 suivie par la dose V1 devant ceux obtenus par l'utilisation du fumier ovin avec toutes les doses de gypse. Et que le meilleur rendement en matière sèche racinaire est enregistré avec le traitement G5V2.

Notre expérience nous a permis de constater, pour le fumier ovin que la production de la matière sèche racinaire avec la dose D2, est supérieure à celle produite par la dose D1. Cette dernière est supérieure à la quantité produite par le témoin (dose D0V0). Les rendements en matière sèche racinaire sont fortement corrélés avec la dose du fumier ($r = 0,84$), ce qui indique que l'augmentation de la dose de fumier engendre une augmentation des rendements de la biomasse racinaire. Les mêmes résultats sont enregistrés pour le fumier volaille. La matière organique issue du fumier améliore les propriétés physiques du sol et augmente la réserve en eau et en éléments minéraux indispensables à la croissance des plantes.

Dans les sols gypseux en Irak, qui ont de plus petites teneurs en matière organique, un taux de gypse entre 10-25% limite le développement des racines, mais lorsque cette teneur est supérieure à 25% dans la zone racinaire, la croissance devient faible (Smith et Robertson, 1962).

Feldhake et al (2001) ont indiqué que la densité racinaire a été affectée par la présence du gypse. Ce dernier peut induire des différences dans l'extraction d'eau et d'éléments minéraux par les plantes. Lorsque le fonctionnement hydrique et minéral des plantes est perturbé par le gypse, la croissance des parties aériennes et souterraines est ralentie.

Aussi la présence excessive du gypse dans la zone active des racines, affecte la teneur et la disponibilité des éléments nutritifs pour les plantes qui représente souvent un rendement réduit (Mashali, 1996).



- Revue suisse Agric.36 (6) :259-264.
- [13] Kende S., 2010 - Minéralisation de l'azote dans deux sols amendés avec deux composts enrichis d'un antibiotique. Mémoire pour l'obtention du grade de Maître es sciences (M.Sc.), l'Université Laval Québec. 76p.
- [14] Lemaire F., 1977- Nouvelles observations sur l'appréciation de la fertilité des sols cultivés au moyen de l'expérimentation en petits vases de végétation. Ann. Agron. 28: 425-444.
- [15] Macht JM., Pierre D., Recous S., Remy JC., 1987 – signification du coefficient réel d'utilisation et conséquences pour la fertilisation azotée des cultures. C.R. Acad Agri. Fr.73, 3, pp 23-39.
- [16] Mashali AM., 1996 – Soil management for gypsiferous soils. : A review. Proc. Int. Symposium on soils with gypsum. Lleida, 15-21 sep. Edicions Universitat de Lleida. Lleida, Spain, 203p.
- [17] Mathur OP ., Mathur SK., Talati NR., 1983- Effect of addition of sand and gypsum to fine-textured salt-affected soils in the yield of cotton and jower (Sorghum) under Rajasthan Canal Command Area Conditions. Plant and soil 74, 61- 65.
- [18] Messenger B J., Menge JA., Pond E., 2000- Effects of gypsum soil amendments on avocado growth, soil drainage, and resistance to Phytophthora cinnamomi. Plant Dis. 84:612-616.
- [19] Minette S., 2011 - Caractéristiques des principales cultures intermédiaires. Références disponibles pour la région Poitou-Charentes. Agricultures et territoires, chambre d'agriculture Poitou-Charentes. 56p.
- [20] N'Dayegamiye A., Girous M., Royer R., 2004 - Epannage d'automne et de printemps de divers fumiers et boues mixtes de papetière: coefficient d'efficacité de l'azote et de nitrates dans le sol. Agrosol 15 (2) : 97- 106.
- [21] Rasouli F., Pouya AK., Karimian N., 2013 - Wheat yield and physico-chemical properties of a sodic soil from semi-arid area of Iran as affected by applied gypsum. Geoderma 246–255.
- [22] Shahi HN., Maskina MS., Gill PS., 1978 - Effect of different levels of gypsum application on soil characteristics and growth and yield of rice (*Oryza sativa* L.). Soil and plant, Volume 49, Issue 2, pp 437-442.
- [23] Silva E.C., Miranda J.R.P., Alvarenga M.A.R., 2002 – Yield and nutrient concentration of tomato plants pruned and grown under high planting density end relation to phosphorus, gypsum and nitrogen sources. Horticultura Brasileira, 19, pp 64 - 69.
- [24] Smith R., Robertson V.S., 1962 – Soil irrigation classification of shallow soils overlying gypsum beds, northern Iraq. Journal of soil science 13: pp 106-115.
- [25] Whitfield DM., Smith CJ., Gyles OA., Wright GC., 1989 - Effects of irrigation, nitrogen and gypsum on yield, nitrogen accumulation and water use by wheat. Field Crops Res., 20: 261- 277.
- [26] Wilson D J., Jefferies R L., 1996- Nitrogen mineralization, plant growth and goose herbivory in an Arctic coastal ecosystem. Journal of Ecology, 84, 841-851.

