

EFFET DU GLYPHOSATE ET 2.4-D SUR LA PRODUCTION DU CO₂, NO₃⁻ ET NH₄⁺ DANS LES SOLS DU PERIMETRE IRRIGABLE DE BOU NAMOUSSA.

CHELOUFI R.¹, MESSAADIA H.² et ALAYAT H.¹

1. *Laboratoire Agriculture et fonctionnement des écosystèmes. Université d'El Tarf El tarf 36000 Algérie.*

2. *Département d'agronomie, université de Batna.*

Résumé : Les microflores tellurique du sol agricole permetent la fourniture de plusieurs services écosystémiques par exp le recyclage des elements nutritifs disponibles pour la production végétales. L'utilisation des herbicides dans le perimetre peu cependant perturber la vie et le fonctionnement des activités microbiennes. Dans le cadre de ce travail, il est ciblé une intéressante problématique, à savoir : Quel serait l'effet de Glyphosate et 2.4-D sur minéralisation du carbone organique (CO₂) et sur la production de NO₃⁻ et NH₄⁺ dans les sols du périmètre irrigable de Bouna moussa ? Pour chaque herbicide nous avons retenu trois doses. Les échantillons ont été mis en incubation en récipient simple dans l'obscurité (T=28°C et 2/3 de capacité de rétention) pendant deux mois. Les résultats obtenus par cette expérimentation, révèlent l'existence d'un impact néfaste de ces deux herbicides sur la production de CO₂, NH₄⁺ et NO par rapport aux témoins. Il s'ensuit que le 2,4-D est plus toxique que le Glyphosate sur la minéralisation du carbone et l'azote organique, La confirmation de l'effet toxique des herbicides se traduit par les effets inhibiteurs. Aussi, lorsque la dose des herbicides s'élève (D2 et D3) dans les deux sols argileux et sableuse, l'effet inhibiteur de ce produit augmente. On peut conclure que l'application du Glyphosate et 2.4-D peut altérer (diminuer) l'activité de la population microbienne du sol. Cet effet peut être nuisible pour la croissance des plantes, l'écologie microbienne du sol et la qualité du sol et de la nappe phréatique, par le biais du lessivage des herbicides dans le sol sablonneux.

Mots clés : herbicides, respiration du sol, ammonification, nitrification et taux d'inhibition.

EFFECT OF GLYPHOSATE AND 2.4-D ON THE PRODUCTION OF CO₂, NO₃⁻ AND NH₄⁺ IN THE SOILS OF THE IRRIGABLE PERIMETER OF BOU NAMOUSSA.

Abstract: The telluric microflora of agricultural soil allows supplying of several ecosystematic services, for instance recycling of available nutritious elements for plant production. Use of herbicides in the perimeter is however disturbing life and microbial activities function. In the framework of this targeted work an interesting problem which is: What would be effect of Glyphosate and 2.4-D on organic carbon mineralisation (CO₂) and on production of NO₃⁻ and NH₄⁺ in the irrigable perimeter soils of Bou Namoussa. For each herbicide, we have retained three doses. Samples have been put in incubation in a simple container in darkness (T=28°C and 2/3 of holding capacity during two months.

The obtained results by this experiment reveal existence of a harmful impact of these both herbicides on CO₂, NH₄⁺ and NO production compared to witnesses. It follows that 2.4-D is more toxic than Glyphosate on carbon and organic nitrogen production Confirmation of herbicides toxic effect is translated by inhibitory effects. Also, when dose of herbicides increases (D2 and D3) in both loamy and sandy soils, inhibitory effect of this product increases. It can be concluded that application of Glyphosate and 2.4-D can alter (decrease) microbial population activity of the soil. This effect may be a deleterious effect for plant's growth, microbial ecology of the soil, soil quality and the groundwater through herbicides leeching into sandy soil

Key words: herbicides, soil's breathing, ammonification, nitrification and inhibition's rate

INTRODUCTION

Sur le plan éco toxicologique, un contaminant est tout agent biologique ou chimique, tout corps étranger ou autre substance ajoutée de manière non intentionnelle, qui peut compromettre la

sécurité sanitaire des aliments ou leurs qualités requises [1]. En dépit d'être les herbicides le plus appliqué au monde [2], le glyphosate [N- (phosphonométhyl) glycine] est un ingrédient actif d'une

gamme de produits anti-mauvaises herbes, conçus pour l'agriculture, l'horticulture et les sites d'agrément [3]. Cependant les herbicides peuvent être très dangereux pour les sols [4], les eaux [5], les plantes [6], et enfin pour la santé humaine par leurs résidus [7]. La plupart des pesticides sont des rémanents à cause de leurs propriétés lipophile [7], et donc, beaucoup plus toxiques [8]. Alors que l'effet cancérigène du Glyphosate 2,4-D a été prouvé sur la santé humaine [9]. Il est connu que les organochlorés (Glyphosate) et les organophosphorés (2,4-D) sont chimiquement très stable, résistant à la dégradation, et pouvant demeurer intact dans l'environnement durant plusieurs années [10]. Les sols sont à la base de

notre sécurité alimentaire et pourtant, une récente évaluation scientifique mondiale a révélé que 33 % des terres sont dégradées en raison de l'utilisation des produits chimique synthèse [11]. Il reste à examiner les preuves scientifiques concernant l'impact des herbicides à base de Glyphosate et 2,4-D sur la structure et texture, les micro-organismes et la faune du sol. Dans ce cadre, l'importance des problèmes d'évaluation du risque de pollution des sols par les herbicides, en est l'objectif de ce travail qui étudie l'effet et l'action comparative de l'application de ces deux herbicides sur la production du CO_2 , NO_3^- et NH_4^+ .

1. MATERIEL ET METHODES

1.1. Présentation générale de la zone d'étude

La région d'étude située dans la wilaya d'El Tarf, et environ 15 km du sud est de la ville d'Annaba, au Nord Est de l'Algérie (Fig. 1), [12]. La région est caractérisée par

un climat méditerranéen, doux et humide. Les précipitations moyennes annuelles sont de 682 mm, pour une période allant de 1993 à 2015 [13]. Pour la même période la température du mois le plus aigre est de 10 °C et celle du mois le plus chaud est de 25 °C.

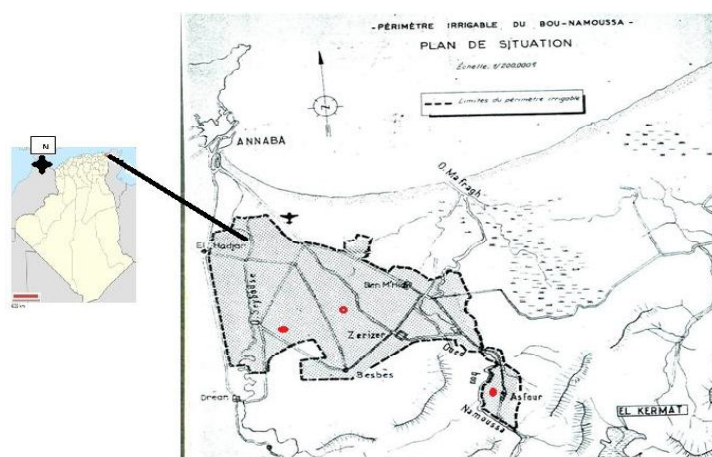


Fig 1: La situation de la région d'étude

1.2. Echantillonnage des sols

Dans le cadre de l'expérimentation, le prélèvement des sols a été effectué dans deux zones différentes : La première

concernant la station agricole de Maiz el bachir et la deuxième de Beni Ammar, l'une a texture argileuse et l'autre sableuse. La profondeur du prélèvement est de 0 – 30

cm. 1,5 kg de chaque sol séché à température ambiante, broyé et tamisés à 2 mm. Les caractéristiques physicochimiques des sols sont présentées dans le tableau 1.

L'étude des résultats des analyses des sols, révèle que le sol 1 possède une texture argileux-sablonneuse et le sol 2 possède une texture sableuse (triangle des texture (G.E.P.P.A) [14]. (**tab.1**)

1.3. Les caractéristiques physico-chimiques des sols des régions d'étude

Tableau 1 : les caractéristiques physico-chimiques des sols des régions d'étude

Propriété physico-chimique		Unité de mesure	S1 Beni Ammar		S2 Maiz el bachir
Granulométrie		%	Sable	44	92
			Limon	36	0
			argile	20	8
Classe texturale		Triangle de texture (G.E.P.P.A) [15].	argiles-sableuse		sableuse (sable pure)
Ph		-	7.43		7.65
Conductivité électrique CE		Us/cm	106.00		50.15
Capacité de rétention en eau CR		%	33.54		19.45
Calcaire total		%	T		T
K		Ppm	183.10		37.00
Na		meq/100g	0.35		T
Mg		meq/100g	1.84		0.31
Ca		meq/100g	18.82		-
CEC		meq/100g	70		19
P (olsen)		Ppm	9.30		0.49
N		%	0.13		0.04
N min	NH ₄ ⁺	Ppm	5.3		5.3
	NO ₃	Ppm	15		15
N org		Ppm	235		360
C		%	1.92		0.4
MO		%	3.30		0.69
C/N		-	14.76		10

1.4. Choix et caractérisation des herbicides et leurs doses

Le choix porte sur deux désherbants, fréquemment utilisé en Algérie [16].

Le Glyphosate est un acide organique faible en poudre blanche de la famille chimique organophosphoré, analogue d'un acide aminé naturel. La glycine, dotée d'un

groupement phosphonate. N-(phosphonométhyl (glycine), $C_3H_8NO_5P$, est un désherbant total foliaire systémique, c'est-à-dire un herbicide non sélectif absorbé par les feuilles et ayant une action généralisée. Le Glyphosate est fortement adsorbé dans les sols, il y est dégradé par les microorganismes et peut être plus ou moins persistant.

Le 2,4-D : 2,4-dichlorophénoxyacétique (noté aussi 2,4-D) est un désherbant de la famille chimique organochloré de formule brute $C_8H_6Cl_2O_3$. Cristaux incolores ou poudre blanche sans odeur ; sélectif contre les mauvaises herbes mais inactif sur le gazon et les céréales. Il empêche la chute des fruits et agit comme une hormone de croissance (auxine) sur les plantes qui meurent. C'est un des contaminants de l'eau, des sols, de l'air et des pluies, qu'on retrouve aussi dans l'air intérieur. [17 et 18].

Pour chaque herbicide nous avons retenu trois doses, la première correspond à la dose agronomique (simple) (D1), la seconde à la double dose ($D2 = D1 \times 2$) et la troisième dose ($D3 = D1 \times 5$) (tab...).

Tableau 2: les deux doses des herbicides utilisés.

	Glyphosate	2,4-D
Dose 1 (D1)	2.5 µg	2.1 µg
Dose 2 (D2)	5 µg	4.2 µg
Dose 3 (D3)	12.5 µg	10.5 µg

1.5. Diapositif expérimentale :

Nous avons adopté la méthode de respirométrie basé sur la méthode de Bachelier [19], basé sur l'incubation de 60

jours à 28 °C et 2/3 de la capacité de rétention [20].

La dynamique et la mesure de la minéralisation du carbone total sous forme de CO_2 provenant de la respiration des microflore du sol sont étudiées par incubation dans des conditions de température et d'humidité. Dans des flacons, nous avons placé, des échantillons de sol de 25 mg tamisée à 2mm et humectées avec un mélange d'eau + l'herbicide relevé. Les flacons sont fermés hermétiquement et incubés dans l'étuve au laboratoire. Les Modalités expérimentales de la minéralisation de carbone organique sous l'influence des herbicides sont de 14 traitements : S1, S1h1d1, S1h1d2, S1h1d3, S1h2d1, S1h2d2, S1h2d3, S2, S2h1d1, S2h1d2, S2h1d3, S2h2d1, S2h2d2 et S2h2d3. Chaque traitement a donne lieu à trois répétitions (14 X 3= 42 + 3R sans sol = 45).

Pour l'expérimentation de la minéralisation du l'azote organique, Quatorze (14) traitements de 1kg (Sol 1, Sol 1 + H1 + D1, Sol 1 + H1 + D2, sol 1 +H1 +D3, Sol 1 + H2 + D1, Sol 1 + H2 + D2, sol1 + H2+D3, Sol 2, Sol 2 + H1 + D1, Sol 2 + H1 + D2, sol 2 +H1 +D3, Sol 2 + H2 + D1, Sol 2 + H2 + D2 et sol 2+H2 +D3. ont été incubés dans l'étuve à 28°C et 2/3 de la capacité de rétention. Chaque traitement donne lieu à 3 répétitions pour le NH_4^+ et 3 autres répétitions pour NO_3^- . Donc l'azote minéral= ($NH_4^+ + NO_3^-$). La cinétique de minéralisation est suivie pendant cette période avec les pas de temps suivants 0, 3, 7, 10, 14, 21, 28, 42, 60j. A chaque point cinétique, nous avons prélevé une quantité de 12 g du sol. Le dosage de l'azote minéral s'effectue selon les

méthodes de Pauwels et *al* [21].

1.6.Taux d'inhibition

La formule pour l'évaluation du pourcentage d'inhibition ou de stimulation d'un traitement donné par rapport à un témoin connue est comme suit :

$$\text{Taux d'inhibition ou de stimulation} = \frac{\text{Taux de dégradation du traitement X}}{\text{Taux de dégradation du témoin}}$$

Quand :

Le taux est inférieur à 1 : une inhibition (un effet négative)

- Le taux est supérieur à 1 : une stimulation (un effet positif)
- Le taux est égal 1 : pas d'effet

1.7.Traitement statistiques

Des systèmes ANOVA, à un facteur et deux facteurs contrôlés : facteur 1 : deux sols différents et facteur 2 : les traitements utilisés (7traitements pour chaque sol), La réalisation des graphes (les courbes) a été effectuée par Excel 2010.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Effet des herbicides sur la production du carbone minérale dans les deux sols

2.1.1. Effet des herbicides sur la respiration dans les deux sols

Dans les conditions expérimentales adoptées, nous notons, sur une période de 60 j, un dégagement de 770 mg de CO₂ /100 g de CO₂ dans le sol témoin (sans herbicide) alors que la libération est de 700 mg de CO₂ dans le système sol 1- herbicide Glyphosate dose 1, et dans le système sol 1herbiide 2 2,4-D dose 1, cette quantité de CO₂ atteint 640 mg /100 g de sol1. Il semble, de ce fait, que l'herbicide 2,4-D a un effet dépressif plus accentué que l'herbicide 1 (Glyphosate) à l'égard des microflores dans le sol de Beni Ammar (sol argileux). (Figure. 3). Parallèlement, l'effet des herbicides Glyphosate et 2,4-D employés à la dose 1 dans le sol 2 de

SII Maiz el bachir induit la production respectivement de 210 et 160 mg de CO₂. Il en ressort que l'herbicide de type 2,4-D exerce aussi un effet négatif dans le sol des SII Maiz el bachir (sol sableux) (Figure. 4).

Haney et *al* [22] ont prouvé depuis longtemps un effet défavorable à l'égard des microflores telluriques. Ceci est en accord avec les résultats obtenus par plusieurs auteurs [25]. Aussi, Zouaoui et *al.* [23], ont rapporté qu'un effet défavorable des Topic et ZOOM sur la minéralisation du carbone organique dans les sols dans la région de Ben M'hidi. Une autre étude a montré un effet bénin sur la structure communautaire microbienne lorsque la formulation commerciale du glyphosate a été appliquée aux échantillons de sol à un taux de champ recommandé et produit une stimulation à court terme non spécifique à des concentrations élevées de bactéries. [24].

Aussi, l'examen des courbes (fig. 2 et 3), révèle que, l'effet néfaste des doses D1, D2 et D3 des deux herbicides réduiraient les

germes minéralisateurs dans les deux sols (SI Beni Ammar SII Maiz el bachir), Aussi, lorsque les doses du 2,4-D et Glyphosate s'élèvent, l'effet inhibiteur des activités biologiques augmente significativement. Les travaux de Ratcliff et al [4], ont démontré qu'à des doses élevées, la dégradation du glyphosate décroît fortement. L'effet négatif de la dose s'explique par une plus grande concentration des produits actifs dans

l'herbicide, ce qui induit un effet plus toxique à l'égard des microflore minéralisant le carbone dans le sol, Cet effet dose a été signalé par Ouattara et al. [25], de tel manière que ces doses perturbent la vie du sol en affectant l'efficacité des microorganismes à utiliser la matière organique, en activant tantôt la respiration et la biomasse microbiennes et tantôt en les inhibant.

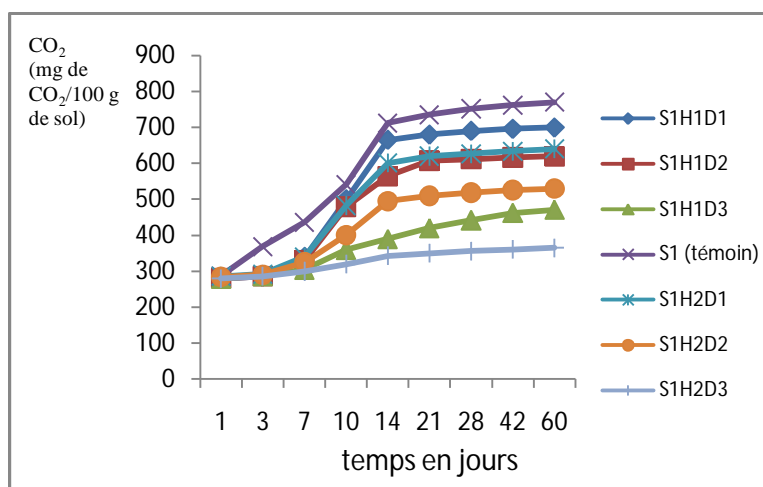


Fig. 2 : influence des herbicides Glyphosate H1 et 2,4-D H2 sur la cinétique de la minéralisation du carbone organique dans le sol S1 de Beni Ammar.

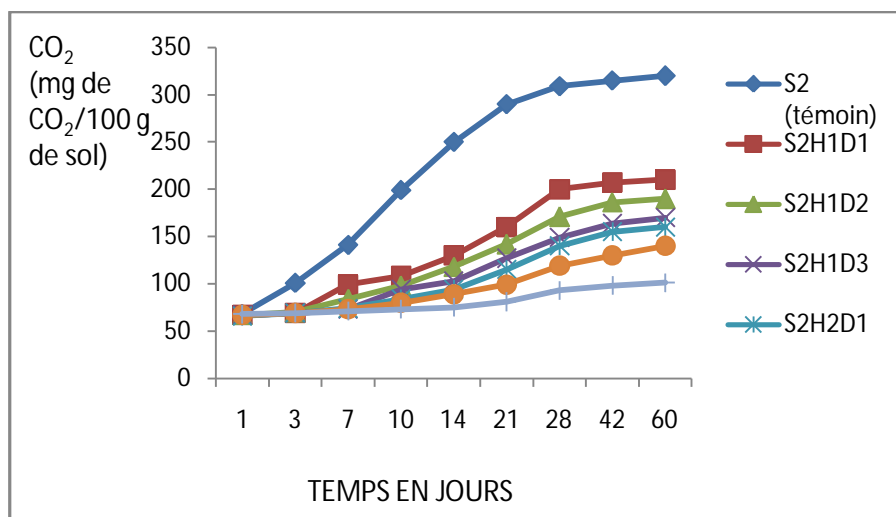


Fig. 3 : Influence des herbicides Glyphosate H1 et 2,4-D H2 sur la cinétique de la minéralisation du carbone organique dans le sol S2 sableux de Maiz el bachir.

2.1.2. Le taux d'inhibition de 2,4-D (H2) et Glyphosate (H1) sur l'activité respiratoire microbienne dans les deux sols

L'effet inhibiteur des herbicides à l'égard des microflores du sol est signalé dans les tableaux 3. L'examen du résultat obtenu, révèle que les deux herbicides (H1 et H2), soit à la dose 1, 2 ou à la dose 3 provoque un effet nocif, qui se traduit par des taux d'inhibition. Cela pourrait indiquer une pollution qui serait due à l'accumulation relative de ces produits dans le sol [4]. Aussi, l'effet inhibiteur des microflores augmente avec l'accroissement de la dose.

Des résultats similaires ont été observés dans les travaux de Prado et Airoidi [26] où il ressortait un effet défavorable du métamitron qui explique ce taux d'inhibition sur l'activité microbienne dans les sols. C'est le cas du captane, du thirame et du verdasan qui, à 5 mg kg⁻¹, contribuent à une réduction de la biomasse de 40%, le retour à la normale étant réalisé après 8 jours, tandis qu'à une dose 6 fois supérieure, l'effet est amplifié, plus persistant et se manifeste par un accroissement de la contribution des bactéries à la respiration totale [27].

Tableau 3: Le taux d'inhibition des herbicides dans les deux sols

Les traitements	% d'inhibition	Les traitements	% d'inhibition
SIH1D1	0.9 %	S2H1D1	0.65 %
SIH1D2	0.8 %	S2H1D2	0,59 %
SIH1D3	0.61 %	S2H1D3	0.53 %
S1H2D1	0.83 %	S2H2D1	50 %
S1H2D2	0.68 %	S2H2D2	0.44 %
S1H2D3	0.47 %	S2H2D3	0.31 %

*H1 : herbicide 1 (Glyphosate), H2 : herbicide 2 (2,4-D), D1 : dose 1, D2 : dose 2, D3 : dose 3
S1 : sol 1 de Beni Ammar et S2 : sol 2 de Maiz el bachir.*

2.2. Effet des herbicides sur la minéralisation de l'azote organique

2.2.1. Effet des herbicides (Glyphosate et 2,4-D) sur la production d'azote ammoniacal (NH₄⁺) dans les deux régions : sol I de Beni Ammar et sol II de Maiz el bachir

L'influence de Glyphosate et 2,4-D (H1 et H2) dans le sol de Beni Ammar bachir et pour la dose 1, 2 et la dose 3 se manifeste par les productions respectivement de : 192, 174, 166, 147, 138 et 121 ppm (Fig. 5). Alors que les quantités de NH₄⁺ produites dans le sol 1 témoin (sans herbicide) sont de 224 ppm.

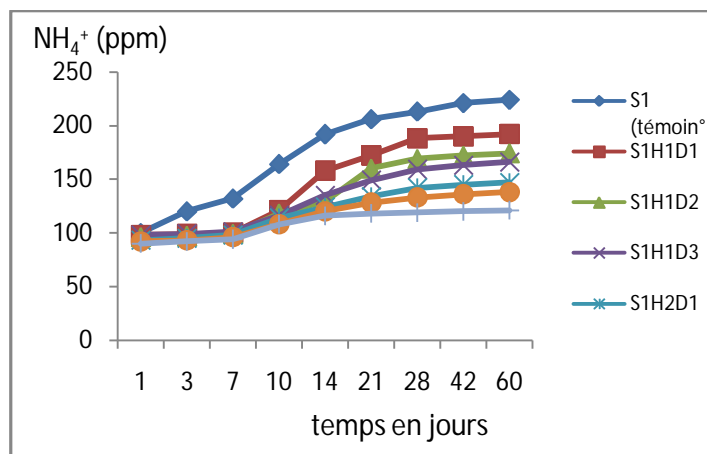


Fig. 4 : Effets des herbicides Glyphosate H1 et 2.4-D H2 sur l'évolution de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) dans le sol S1 de Béni Ammar.

Parallèlement, dans sol II sablonneux de Maiz el bachir sans herbicides, nous notons la production de 136 ppm d'azote ammoniacal, (fig. 6). Cependant et sous l'influence de Glyphosate (H1) et 2,4-D (H2) et pour les trois doses D1, D2 et D3 utilisés, nous enregistrons dans les systèmes S2H1D1, S2H1D2, S2H1D3, S2H2D1, S2H2D2 et S2H2D3 les quantités de NH₄⁺ qui atteignent respectivement : 112, 103, 88, 86, 80 et 65 ppm. En conséquence, les deux herbicides exercent un effet toxique à l'égard des microflores responsable de l'ammonification. Cet effet dépressif des herbicides (Glyphosate et

2.4-D) se traduit par une chute et un décalage total des quantités de l'azote ammoniacal à tous les pas de cinétique de cette période d'incubation (fig. 4 et 5). Cela peut être dû à une détérioration des microflores ammoniacales comme l'ont signalé par [27, 28]. Les résultats indiquent que les doses de pesticides apportées sont insuffisantes pour affecter les bactéries ammonifiantes.

Le taux d'ammonification de l'azote est de 40 % et le reste 60 % est le taux de nitrification.

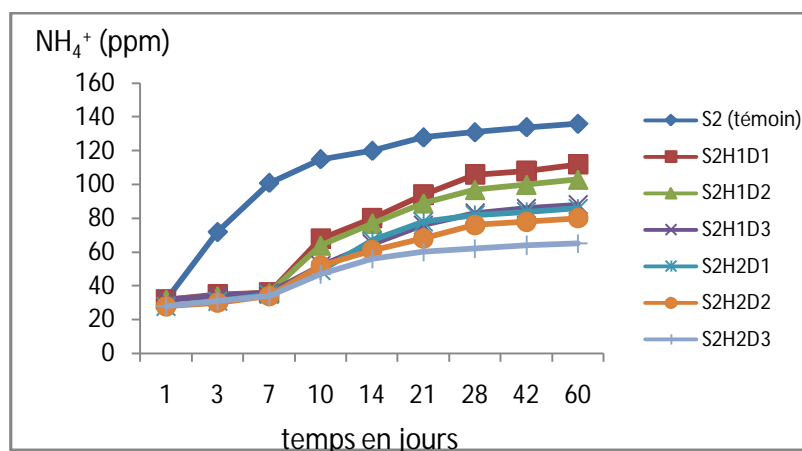


Fig. 5 : Influence des herbicides glyphosate H1 et 2,4-D H2 sur la cinétique de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) dans le sol S2 sableux de **Maiz el bachir**.

2.2.2. Effet des herbicides sur la production d'azote nitrique (NO_3^-) dans les deux régions : sol I de Beni Ammar et sol II de Maiz el bachir

Au bout d'une période de 60 jours d'incubation, l'analyse des courbes cumulatives représentées dans les figures 6 et 7, révèle que la quantité d'azote nitrique notée après 60 jours d'incubation est relativement plus élevée. Elle est de 363 ppm dans le sol 1 (argileux) et de 204 ppm dans le sol 2 (sablonneux); Cette différence, est certainement dû à l'effet de certains facteurs physico-chimiques et biologiques tels que la nature des composés azotés, le type de sol, la

structure et le taux d'argile [29]. Les taux de minéralisation varieront en fonction des caractéristiques topographiques, type de sol, et augmentent avec la température.

Ainsi, l'analyse des courbes fait ressortir que des quantités de 289, 261, 249, 220, 207 et 182 ppm l'azote nitrique sont respectivement produites dans les systèmes : S1H1D1, S1H1D2, S1H1D3, S1H2D1, S1H2D2 et S1H2D3 (Fig. 6). Cependant, nous enregistrons dans les systèmes : S2H1D1, S2H1D2, S2H1D3, S2H2D1, S2H2D2 et S2H2D3 les quantités de 168, 154, 130, 127, 117 et 97 ppm respectivement (fig. 7).

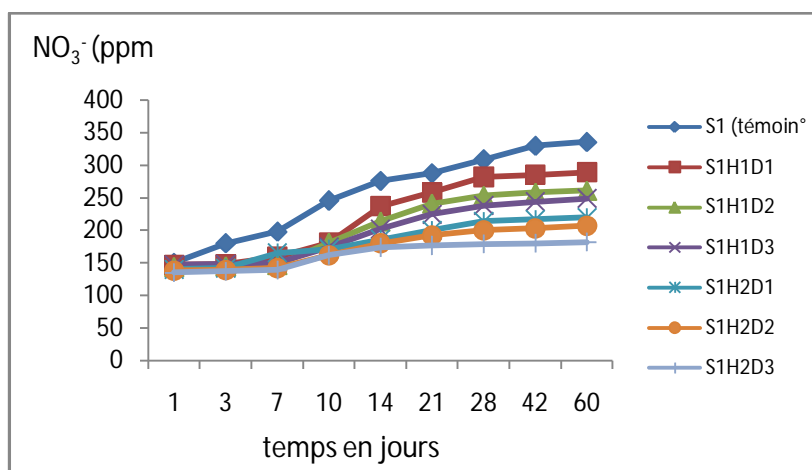


Fig. 6 : Effets des herbicides Glyphosate H1 et 2.4-D H2 sur l'évolution de l'azote nitriques (NO_3^-) dans le sol S1 de **Beni Ammar**.

Les quantités produites de NO_3^- , quelque soit la dose dans cette expérimentation (fig 6 et 7), sont plus élevées que les quantités d'ammoniac libérée dans les deux sols. Cela s'explique par le fait que c'est sous cette forme qu'il est accumulé dans la majorité des plantes.

Ensemble, ces résultats reflètent l'impact négatif de l'exposition répétée au glyphosate sur les groupes bactériens impliqués dans les processus clé pour le cycle C et N dans le sol. L'effet défavorable à l'égard des microflore fonctionnelles telluriques a été observé dans différents travaux [30 et 31].

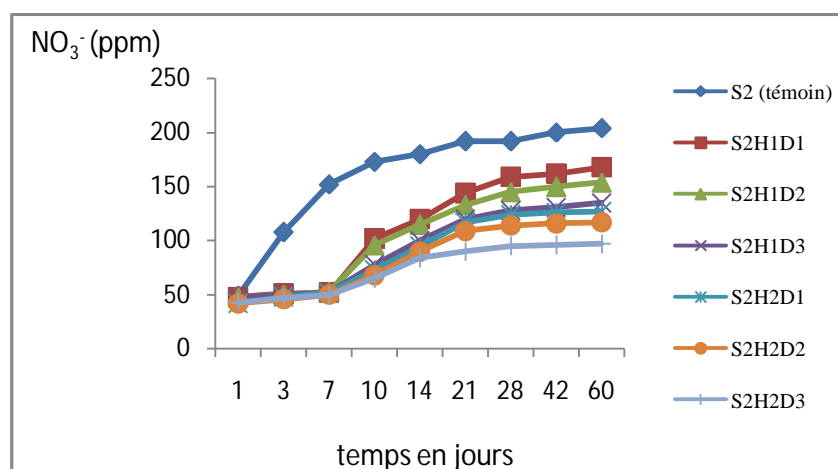


Fig. 7: Influence des herbicides Glyphosate H1 et 2,4-D H2 sur la cinétique de l'azote nitriques (NO_3^-) dans le sol S2 de **Maiz el bachir**.

2.2.3. Effet des herbicides sur la production d'azote minéral (N_{min}) dans les deux sols.

L'examen des résultats présentés dans les graphes (fig 8 et 9) révèle un effet toxique des herbicides Glyphosate et 2,4-D sur les germes minéralisateurs de l'azote organique dans les deux sols de Beni Ammar et de Maiz el bachir et cela pour les trois doses appliquées. Il faut souligner que l'effet négatif de ces herbicides pour les deux doses sur les microflore de la minéralisation de l'azote dans les deux sols est probablement dû au fait que la nitrification qui est essentiellement une réaction aérobie se produit dans l'horizon supérieur du sol, là même où se concentrent les pesticides, et c'est

donc une réaction qui est considérée comme un mécanisme clé [32]. Nos résultats concordent avec les travaux de [33], qui démontrent que plus l'augmentation de la concentration du TBM Grandstar (Tribénuron méthyle $\text{C}_{15}\text{H}_{17}\text{N}_5\text{O}_2$, plus l'effet inhibiteurs augmente vis à vis de la croissance d'un champignon ectomycorhizien cosmopolite *Pisolithus tinctorius* qui assurant à la fourniture de l'azote minéral dans les sols. Anderson et al [27] ont révélé que les herbicides et certains insecticides perturbent la croissance et l'activité des fixations de l'azote (fixateurs libres et fixateurs symbiotiques).

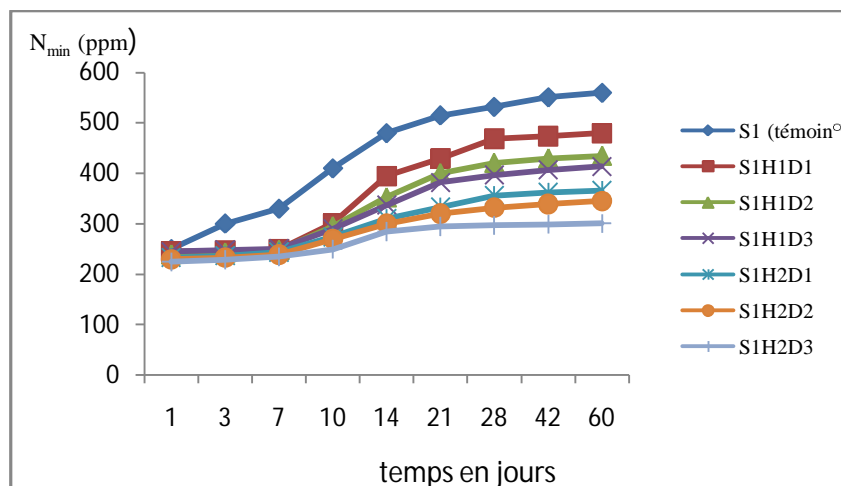


Fig. 8 : Effets des herbicides Glyphosate H1 et 2.4-D H2 sur l'évolution de l'azote minérale dans le sol S1 de Beni Ammar.

Aussi les travaux de [34] ont prouvé que l'épandage de glyphosate influence la disponibilité en eau, et diminue la dégradation et la minéralisation. Cela a ensuite été jugé incorrect par [35]. Les travaux [22] ont prouvé tôt que le glyphosate augmente l'activité microbienne du sol lorsque l'herbicide est ajouté parce que les microbes le décomposent et l'utilisent comme source de carbone, d'azote ou de phosphore. Ceci est en accord avec les résultats obtenus par plusieurs auteurs [36]. À ce jour, des études scientifiques sur

l'impact du glyphosate sur les micro-organismes du sol ont fourni des résultats contrastés. Certaines études effectuées dans le sol n'ont révélé aucune menace pour les micro-organismes du sol à cause du glyphosate [37 et 38].

Aussi, on remarque que la minéralisation de l'azote dans les sols traités par les herbicides débute lentement après environ 10 jours d'incubation, qu'il y a de phase d'adaptation des microorganismes et qu'une grande partie de la population microbienne est capable de le dégrader.

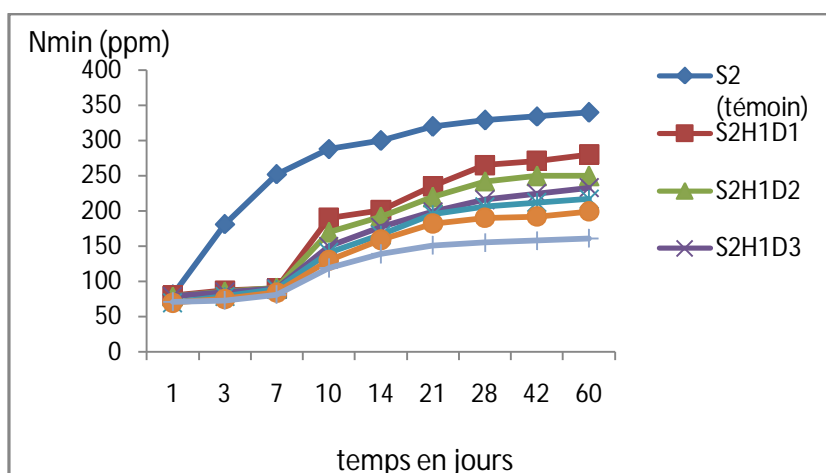


Fig. 9 : Influence des herbicides Glyphosate H1 et 2.4-D H2 sur l'évolution de la minéralisation de l'azote organique dans le sol S2 de **Maiz el bachir**

2.2.4. Taux d'inhibition des herbicides sur les microflores responsable de la minéralisation de l'azote organique

En effet, l'effet inhibiteur des herbicides confirme l'influence négative concernant les deux herbicides Glyphosate et 2,4- D signalé dans le tableau suivant :

Il est noté dans le sol argileux de Beni Ammar et dans le sol sablonneux de Maiz el bachir, des taux d'inhibition par les deux herbicides (Glyphosate et 2,4-D) allant de 0,53 à 0,85 et le classement a été établie comme suit : du taux plus faible au taux le plus élevé S2H2D3<S1H2D3<S2H2D2<S1H2D2 <S2H2D2<S1H2D1<S2H1D3<S2H1D2<.S1H1D3<S1H1D2<S2H1D1<S1H1D1. Cela met un effet toxique de l'herbicide à l'égard des activités des microflores du cycle de l'azote. Cette

diminution de la vitesse de minéralisation, due à l'effet toxique des herbicides a été notée dans les travaux de Soulas [20]. Nous remarquons aussi que plus la dose agrandit, plus le taux d'inhibition augmente dans les deux sols. Il en résulte une baisse d'activité ammonificatrice et nitrificatrice dans les sols. Cette diminution de l'activité microbienne sous l'effet du Glyphosate et 2,4-D rappelle l'effet de la trifluraline (famille sulfonyres), à l'égard de la nitrification et de la fixation d'azote [39]. Les études portant sur le taux de dégradation du glyphosate ont montré une certaine variabilité des résultats, et le processus peut dépendre d'une série de facteurs. Ils existent des preuves que le taux de dégradation est corrélé avec la taille de la population des bactéries dans les sols [40].

Tableau 4: Le taux d'inhibition des herbicides des microflores responsable de la minéralisation de l'azote organique dans les deux sols.

Les traitements	% d'inhibition	Les traitements	% d'inhibition
SIH1D1	0.85	S2H1D1	0.82
SIH1D2	0.77	S2H1D2	0.73
SIH1D3	0.74	S2H1D3	0.68
S1H2D1	0.65	S2H2D1	0.63
S1H2D2	0.61	S2H2D2	0.58
S1H2D3	0.53	S2H2D3	0.47

H1 (Glyphosate), H2 (2.4-D), D1 : dose 1, D2 : dose 2, D3 : dose 3 S1 : sol 1 de Beni Ammar et S2 : sol 2 de Maiz el bachir.

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent une variabilité significative de la minéralisation du carbone et de l'azote dans les différents traitements utilisés et cela pour les deux sols, et les deux

herbicides. Globalement, cette étude a fait ressortir les aspects suivants :

L'influence des deux herbicides sur la minéralisation du carbone organique et de l'azote organique (NO_3^- , NH_4^+) est négative dans les deux sols (SI de Beni

Ammar et SII de Maiz el bachir), L'herbicide 2.4-D (H1) exerce une action plus dépressive que celle du Glyphosate (H2) sur le fonctionnement biologique des C et N dans les deux sols utilisés.

Aussi, lorsque les doses des herbicides s'élèvent, l'effet inhibiteur des activités biologiques du C et N augmente significativement. Alors que, le 2.4-D a fortement inhibé les différentes activités microbiennes (la respiration, les microflores ammonificateurs et nitrificateurs)

Au plan de l'investigation scientifique, il serait intéressant d'orienter de nouveaux

travaux sur l'effet de ces herbicides sur la dynamique des populations microbiennes des sols (microflores totales, champignons, actinomycètes) et surtout les groupes fonctionnels (cellulolytiques, amylolytiques et nitrificateurs), comme il serait intéressant d'effectuer des études in situ c'est-à-dire en conditions naturelles. En effet, notre connaissance insuffisante de la sécurité écologique de ces herbicides, de son comportement dans le milieu naturel, de son interaction avec les organismes vivants par lesquelles il est dégradé est inquiétante.

Références bibliographiques

- [1] WHO., 2015. World Health Organisation
- [2] FERA., 2016. *Pesticide Usage Statistics* available at <https://secure.fera.defra.gov.uk/pusstats/mindex.cfm> accessed 4/3/16).
- [3] Benbrook., C.M. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally, *Environmental Sciences Europe*: [10.1186/s12302-016-0070-0](https://doi.org/10.1186/s12302-016-0070-0).
- [4] Ratcliff, A.W., Busse, M.D., Shestak, C.J. 2006. Changes in microbial community structure following herbicide (glyphosate) additions to forest soils, *Applied Soil Ecology*, 34, pp.114–124.
- [5] IFEN (Institut Français De L'environnement), 2006 Les pesticides dans les eaux données 2003 et 2004 numero 05
- [6] BUSSE., M, 2001. Glyphosate toxicity and the effects of long-term vegetation control on soil microbial communities. *Soil Biology and Biochemistry* 33, 1777-1789. Online publication date: 1-Oct-2001.
- [7] Liliana., J, 2007. Etude des risques liés à l'utilisation des pesticides

organochlorés et impact sur l'environnement et la santé humaine. Thèse Lyon I. 180 p.

- [8] Solomon., G. M, et Weiss., P. M, 2002. Chemical Contaminants in Breast Milk Time Trends and Regional Variability. *Environmental Health Perspectives* 110 (6), p. 339-347.

- [9] IARC., 2015. International Agency for Research on Cancer , Monographs, Volume 112: Evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides, 20th March 2015 available at <https://www.iarc.fr/en/mediacentre/iarcnews/pdf/MonographVolume112.pdf> accessed 4/3/16.

- [10] AFSSA, 2003. Evaluation nutritionnelle et sanitaire des aliments issus de l'agriculture

- [11] FAO, 2015. Food and Agriculture Organisation Status of the World's Soil Resources available at <http://www.fao.org/documents/card/en/c/c6814873-efc3-41db-b7d3-2081a10ede50/> accessed on 4/3/16.

- [12] Merdaci., T, 2000. Le périmètre irrigué de la Bounamoussa historique-vocation et contraintes de l'irrigation

(document dans le cadre de l'aménagement rural - D.S.A. El Tarf). 15 p.

[13] **Cheloufi., R, 2012**, Influence de deux herbicides sur la minéralisation du carbone et l'azote organique dans deux sols agricoles de la région de Ben M'Hidi (W El tarf). Thèse de magister, université d'El Tarf.

[14] **Mathieu., C, 2003**. Analyse chimique des sols, Méthodes choisies, TEC et DOC.

[15] **Calvet G et Villemin, 1986**. Interprétation des analyses des terres. *Ed. SCPA*, 25 p.

[16] **DSA, 2014**. Statistiques de la Direction des Services Agricole D'El Tarf, 76 p.

[17] **Gauvrit., C, 1996**. Efficacité et sélectivité des herbicides. INRA, 158 p.

[18] **Giesy., J. P, Dobson., S and Solomon., K. R, 2000**. Ecotoxicological assessment for Roundup r herbicide. *Review of Environmental Contaminants Toxicology* 167, 35 – 120.

[19] **Anderson., J. P. E et Domsch., K. H. 1978**. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol Biochem* 215-221.

[20] **Soulas., G. 1999**. Techniques d'évaluation de l'écotoxicité des substances xénobiotiques vis-à-vis de la microflore des sols. INRA-CMSE, Microbiologie des sols. 65 p.

[21] **Pauwels., J. M, Van Ranst., E, Verloo., M et Mvondo., Z. A, 1992**. Manuel de laboratoire de pédologie: méthodes d'analyses des sols et des plantes, équipement, gestion des stocks de verrerie et des produits chimiques (Soil laboratory manual: analytical methods for soils and plants, equipment, stock management of glassware and chemical products), pp. 75—126.

[22] **Haney., R.L, Senseman., S.A, Hons., F.M, 2002**. Effect of roundup ultra on microbial activity and biomass from selected soils, *Journal of Environmental Quality* 31, pp. 730–735.

[23] **Zouaoui., A, Cheloufi., R, Messaadia., H, 2013**. Impact of herbicides upon the dynamic of the organic carbon in soils. *Albanian j. agric. Sci. p:* 223-228.

[24] **Ratcliff, A.W., Busse, M.D., Shestak, C.J. 2006**. Changes in microbial community structure following herbicide (glyphosate) additions to forest soils, *Applied Soil Ecology*, 34, pp.114–124.

[25] **Ouattara B, Savadogo P W, Traore O, Koulibaly B, Sedogo M P et Traore A S 2010** Effet des pesticides sur l'activité microbienne d'un sol ferrugineux tropical du Burkina Faso. *Cameroon Journal of Experimental Biology* Vol. 06 N° 01, 11-20 .Available Online at <http://www.ajol.info/browse-journals.php>.

[26] **Prado., A, Airoidi., C, 2002**. The toxic effect on soil microbial activity caused by the free or immobilized pesticide diuron. *Thermochimica Acta* 394 (2002) 155–162

[27] **Anderson., T. A, Kruger., E. L and Coats., J. R, 1994**. Enhanced degradation of a mixture of three herbicides in the rhizosphere of a herbicide-tolerant plant. *Chemosphere*, 28 : 1551-1557.

[28] **Lafrance. F, Salvano. E, Villeneuve. J.P, 1992**. Effet de l'herbicide atrazine sur la respiration et l'ammonification de l'azote organique dans un sol agricole au cours d'une incubation. *Can. J. Soil Sci.* 72 : 1 – 12.

[29] **Roger., P et Garcia., J. L, 1993**. Cours de microbiologie du sol. Cahier O.R.S.T.O.M., 164 p.

[30] **Allegrini., M, Elena., del V. Gomez, Zabaloy M. C., 2017**. Repeated glyphosate exposure induces shifts in

nitrifying communities and metabolism of phenylpropanoids. *Soil Biology and Biochemistry* 105, 206-215.

[31] **Goodroad., L. L., 2008.** Effect of tebuthiuron on soil N mineralization and nitrification. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 18, 1987 -473-481

[32] **Cheloufi., R, Zouaoui., H et Messaadia., H, 2013.** Impact of Herbicides upon dynamic of the nitrogen in Soils *Albanian j. agric. sci.* p: 375-381

[33] **Belkouri., A, Essgaouri., A, Aouadj., R, Dahchour., A, 2009.** Action de certains pesticides sur la croissance du champignon ectomycorhizien *pisolithus tinc-torius*. *Biomatec Echo* , Volume 3 , Number 6 , 26 – 30.

[34] **Stenrod., M, Charnay., M.P., Benoit., P. and Eklo., O.M, 2006.** Spatial variability of glyphosate mineralization and soil microbial characteristics in two Norwegian sandy loam soils as affected by surface topographical features, *Soil Biology and Biochemistry*, 38, pp.962–971.

[35] **Araujo., A.S.F, Monteiro., R.T.R, Abarkeli., R.B, 2003.** Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils, *Chemosphere* 52, pp.799–804.

[36] **Mijangos., I., Becerril., J.M., Albizu., I, Epelde., L, Garbisu, C, 2009.** Effects of glyphosate on rhizosphere soil

microbial communities under two different plant compositions by cultivation-dependent and independent methodologies, *Soil Biology & Biochemistry*, 41 , pp505–513.

[37] **Hart., M.M, Powell., J. R, Gulden., R.H, Dunfield., K. E, Pauls., K. P, Swanton., C.J, Klirromos;, J. N, Antunes., P. M, Koch., A. M, Trevors., J.T, 2009.** Separating the effect of crop from herbicide on soil microbial communities in glyphosate-resistant corn, *Pedobiologia*, 52, pp.253–262.

[38] **Lane., M, Lorenz., N, Saxena., J, Ramsier., C, Dick., R. P, 2012.** The effect of glyphosate on soil microbial activity, microbial community structure, and soil potassium. *Pedobiologia*, 55, pp. 335–342.

[39] **Calvet., R, Barriuso., E, bedos., C, Benoit., P, Charnaym., P et Coquet., Y 2005.** Les pesticides dans le sol, conséquences agronomiques et environnementales. Edition France Agricole, 637p.

[40] **Gimsing, A.L., Borggaard, O.K, Jacobsen., O.S, Aamand., J, and Sorensen., J, 2004..** Chemical and microbiological soil characteristics controlling glyphosate mineralization in Danish surface soils. *Applied Soil Ecology*, 2, pp. 233–242. DOI:10.1016/j.apsoil.2004.05.007.