

INFLUENCE D'UN HERBICIDE ET DE L'INOCULATION DES SEMENCES SUR LA CROISSANCE DU SOJA [*Glycine max* (L.) MERRILL] CULTIVE SUR UN SOL GRAVILLONNAIRE DE PLATEAU

F. G. BEUGRE¹, P. D. F. M. N'GBESSO², J. T. AMA-ABINA¹ et R. G. YORO³

¹Laboratoire de Géosciences et Environnement, UFR Sciences et Gestion de l'Environnement. Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 801 Abidjan 02 - Côte d'Ivoire. E-mail : mako2ngbesso@yahoo.fr

²Programme de Recherche sur les Plantes Maraîchères et Protéagineuses, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 01 BP 1740 Abidjan 01 - Côte d'Ivoire.

³Laboratoire Central Sols Eaux et Plantes, Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 01 BP 1740 Abidjan 01 - Côte d'Ivoire

RESUME

Une expérimentation sur la culture du soja a été réalisée en zone forestière de la Côte d'Ivoire, pour résoudre le problème de la réduction des terres arables, sous la pression démographique, par le maintien de la fertilité des sols et la lutte contre l'enherbement excessif des terres. Cette étude a été réalisée à la station de recherche du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Gagnoa, sur un sol gravillonnaire de plateau, afin d'évaluer l'incidence d'un herbicide et de l'inoculation des semences avant le semis sur la croissance du soja. La variété de soja (*Glycine max*), Doko, ainsi qu'un inoculum fait à partir de la souche IRAT-FA3 de *Bradyrhizobium japonicum* ont été utilisés. Le Glyphosate, un herbicide total et systémique a été appliqué en pré levée, dans cet essai, disposé en blocs de Fischer à quatre répétitions. Les quatre traitements étudiés sont les suivants : le témoin (T0) qui le soja non traité à l'herbicide et non inoculé, le soja traité à l'herbicide (T1), le soja inoculé (T2) et le soja inoculé traité à l'herbicide (T3). Après 3 mois d'essai, les résultats ont montré que l'inoculation a favorisé la formation des plusieurs nodules et a permis, avec l'application de l'herbicide, un meilleur développement des plants de soja. L'herbicide appliqué n'a pas eu d'effet néfaste sur la nodulation.

Mots clés : Inoculation, croissance, herbicide, soja, sol gravillonnaire.

ABSTRACT

INFLUENCE OF HERBICIDE AND INOCULATION ON SOYBEAN GROWTH

*An experiment on soybean cropping was carried out in the forest zone of Côte d'Ivoire, to deal with arable land shortage due to population growth pressure, by maintaining soil fertility and reducing weed pressure in the grassing land. This study was conducted at the research station of the Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) Gagnoa on gravelly upland soil to assess the impact of a herbicide and inoculation on soybean growth. A variety of soybean (*Glycine max*) called Doko and an inoculum strain IRAT-FA3 of *Bradyrhizobium japonicum* were used with Glyphosate, a total systemic herbicide applied before, during a trial complete blocks of Fischer with four replications of treatments : control (T0) soybean without treatment and inoculation, soybeans treated with herbicide (T1), soybeans inoculated (T2) and soybean inoculated treated with herbicide (T3). After 3 months, the results showed that inoculation promoted the formation of nodules and permitted the application of the herbicide, better development of soybean plants. Herbicide applied did not adversely affect nodulation.*

Keywords : Inoculation, growth, herbicide, soybean, gravelly soil.

INTRODUCTION

L'essor démographique a engendré des besoins alimentaires de plus en plus croissants, ainsi qu'une forte pression sur les terres arables. L'agro système traditionnel de gestion des terres, qui consiste en une alternance de cultures sur une courte période (3 à 5 ans), suivie d'une mise en jachère, sur une période plus longue, d'au moins dix, ans n'est plus adapté (N'Goran *et al.*, 1997, Koné *et al.*, 2010a). Cette diminution de la durée de la jachère provoque une baisse de la fertilité du sol qui s'accompagne toujours d'un enherbement excessif (N'Goran *et al.*, 1997, Koné *et al.*, 2013). Face à cette crise des systèmes de culture, diverses solutions ont été envisagées, parmi lesquelles : l'utilisation des herbicides dans la lutte contre les plantes adventices et l'insertion des légumineuses comme le soja dans les rotations culturales (Arjaure, 2002 ; Bado, 2002). Le soja a été introduit en Côte d'Ivoire, dans les années 1970, dans le cadre de la politique de diversification des cultures et de la lutte contre les disparités régionales. Sa culture a connu un essor dans les années 1980 et 1990, à la faveur du projet soja, basé à Touba et Odienné (N'Gbesso, 2002).

Pour la maîtrise des plantes adventices, les herbicides ont longtemps constitué des produits clés dans la production du soja. Mais, leur utilisation répétée pourrait avoir une incidence négative sur les micro-organismes du sol, en particulier, sur les rhizobiums, qui assurent la fixation de l'azote atmosphérique, en symbiose avec les légumineuses. Aussi, la minimisation des risques agro-environnementaux dus à l'utilisation des herbicides nécessite-t-elle une évaluation continue du comportement de ceux-ci, sous différents axes d'études (Anikwé *et al.*, 2003). Ainsi, la présente étude conduite à la station de Gagnoa du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), a pour objectif d'évaluer l'influence d'un herbicide total sur la capacité de nodulation de la souche de bactérie *Bradyrhizobium japonicum* IRAT-FA3 et les paramètres de croissance du soja cultivé sur

un sol gravillonnaire, en zone forestière de Côte d'Ivoire.

MATERIELS ET METHODES

MATERIELS

Site expérimental

La station de recherche du CNRA de Gagnoa a servi de site à notre étude. Elle est située à 5 Km de la ville de Gagnoa (5°51' W - 6°08 N), sur l'axe Gagnoa-Oumé. Le microclimat est caractérisé par deux saisons sèches alternant avec deux saisons pluvieuses. Les moyennes annuelles de la pluviométrie et de la température pour les dix dernières années sont de 1 520,8 mm et 26° C, respectivement (Figure 1).

Les espèces dominantes de plantes adventices rencontrées sur les parcelles sont composées de Mimosacées, Graminées et *Chromoleana odorata*. La parcelle expérimentale est située en haut de versant, sur une pente de 2 %. La surface du sol est gravillonnaire, avec une forte présence de nodules ferrugineux. L'horizon humifère a une épaisseur de 20 cm avec une coloration brun jaunâtre foncé (10YR 4/4) et une texture sablo argileuse avec plus de 50 % de nodules ferrugineux. Il a une structure fragmentaire et est poreux, avec de nombreuses racines millimétriques d'orientation préférentielle subhorizontale. Il passe progressivement à un horizon humide, brun vif (7,5YR 5/6), de 13 cm d'épaisseur, sablo argileux, graveleux avec plus de 50 % de nodules ferrugineux et de quartz ferruginisés, de structure fragmentaire. Il est poreux, avec peu de racines millimétriques, à orientation subhorizontale. A partir de 33 cm de profondeur, on observe un horizon humide, brun vif (7,5YR 5/8), argilo-sableux, moins graveleux avec 15 à 30 % de nodules ferrugineux et de graviers de quartz. Il est fragmentaire, poreux, avec peu de racines millimétriques, à orientation subhorizontale (Figure 2).

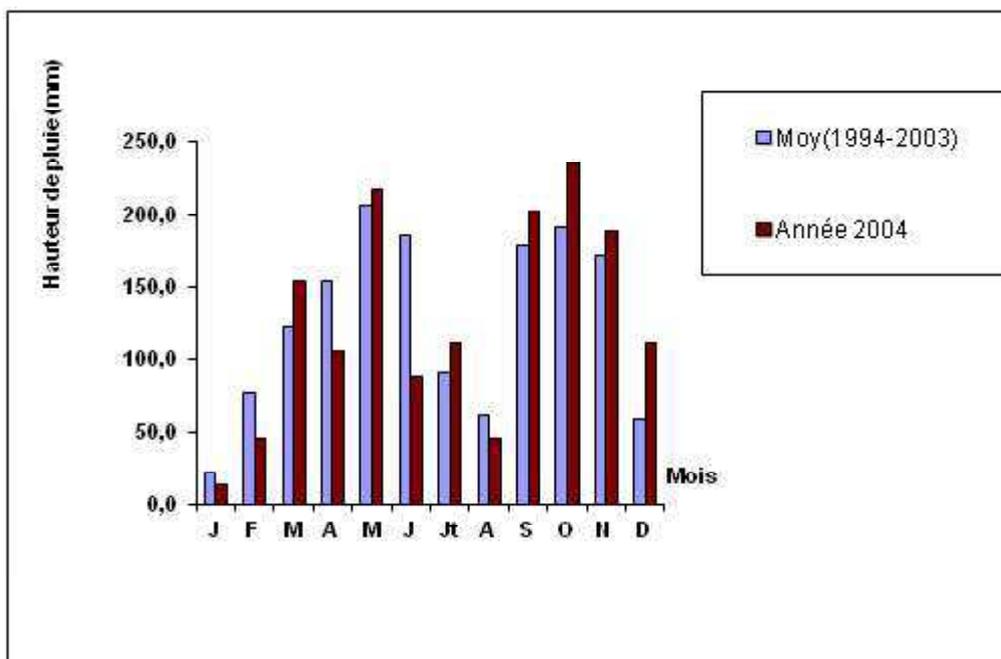


Figure 1 : Pluviométrie mensuelle moyenne de la station C.N.R.A. de Gagnoa de 1994 à 2004.

Monthly average rainfall of Gagnoa CNRA station from 1994 to 2004..

(Source CNRA)

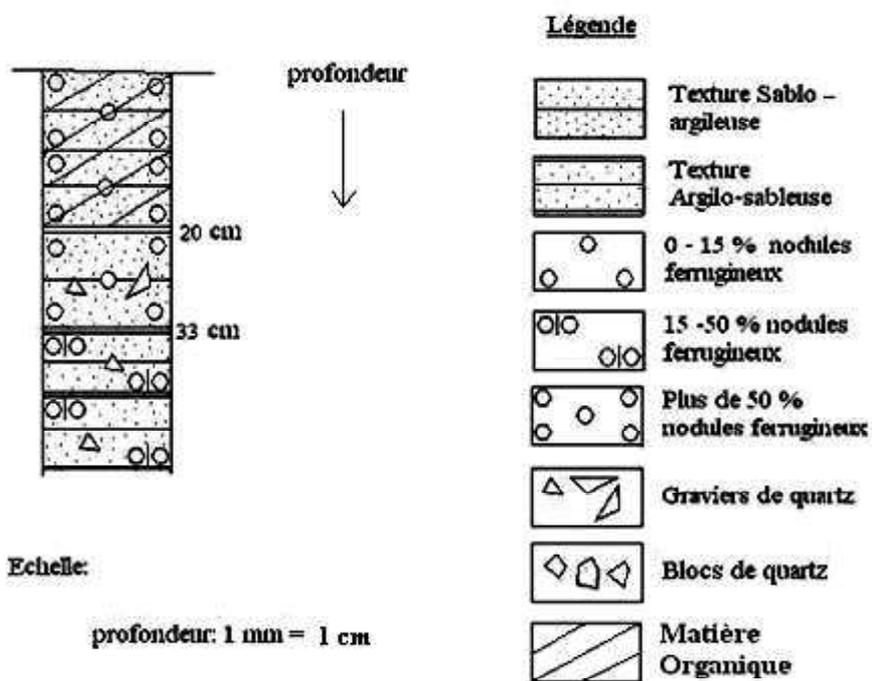


Figure 2 : Schéma du profil pédologique du site d'étude.

Schematic profile of the soil in the study site..

Matériel végétal et inoculum

Le matériel végétal utilisé pour cette étude est la variété de soja Doko. En zone de savane de Côte d'Ivoire, cette variété a un cycle de 95 jours. Elle est à nodulation stricte, les fleurs sont de couleur blanche. La taille des plants peut atteindre 1,20 m, à maturité, et le rendement, 2 à 3 t/ha (N'Gbesso et Konaté, 2000).

La souche I.R.A.T-FA3 de *Bradyrhizobium japonicum* a été utilisée pour la production de l'inoculum. Elle a été décrite comme étant très compétitive en sol acide et a été déjà utilisée au Rwanda, au Burundi, à Madagascar et au Cameroun.

Herbicide

Le Glyphosate, communément appelé Round up, qui est un herbicide total et systémique, a été utilisé en pré levée à la dose de 4 l/ha.

METHODES

Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est un bloc de Fischer, avec 4 répétitions. Quatre traitements ont été étudiés à savoir :

- un traitement dénommé «soja non inoculé sans traitement herbicide ou traitement témoin T0». Dans ce traitement, les semences de soja n'ont pas été inoculées avant d'être semées. De plus, les parcelles n'ont pas été traitées à l'herbicide.
- un traitement «soja non inoculé avec traitement herbicide noté T1», constitué de semences de soja semées sans inoculum dans des parcelles traitées avec l'herbicide au lendemain du semis.
- un traitement «soja inoculé sans traitement herbicide noté T2» où les semences de soja ont été mises en contact avec l'inoculum avant d'être semées. Ces parcelles n'ont pas été traitées à l'herbicide.
- un traitement «soja inoculé avec traitement herbicide noté T3» où les semences de soja ont été inoculées avant le semis. Ces parcelles ont été traitées avec l'herbicide au lendemain du semis (T3).

Au niveau de chaque répétition, les parcelles élémentaires ont une superficie de 24 m², dont 15 m² de parcelle utile.

L'inoculation des graines a été faite par enrobage, selon la méthode décrite par

Moundiongui *et al.* (2001). Le sol de la parcelle expérimentale est resté au stade zéro labour, et le semis a été immédiatement effectué après l'inoculation, dans des poquets à 3 graines avec des écartements de 0,5 m entre les lignes et 0,2 m sur les lignes. L'herbicide a été appliqué au lendemain du semis, à l'aide d'un pulvérisateur à dos, d'une capacité de 12 l. La dose d'herbicide appliquée est de 4 l/ha.

Collecte des données végétales

La nodulation a été évaluée, tous les quinze jours, à partir du 30^e jour après semis (JAS), sur les racines de cinq plants prélevés au hasard, en bordure des parcelles élémentaires. Les observations ont porté sur l'abondance des nodules en référence à l'échelle d'abondance utilisée par N'Zoué *et al.* (2003). Cette échelle va de 1 à 5 (1 = pas de nodules sur les racines ; 2 = quelques nodules sur les racines ; 3 = la moitié des racines porte des nodules ; 4 = plus de la moitié des racines porte des nodules ; 5 = toutes les racines portent des nodules).

La croissance en hauteur a été mesurée tous les quinze jours à l'aide d'une règle graduée, sur dix plants pris, au hasard, dans la parcelle utile.

Les quantités de biomasse fraîche de cinq plants prélevés au hasard en bordure des parcelles élémentaires ont été pesées, tous les quinze jours, à partir du 60^e jour après semis (JAS), à l'aide d'une balance électronique de portée 0,001 g.

RESULTATS

La présence des nodules n'a été observée qu'avec les traitements T2 et T3, avec une abondance moyenne respective de 3,8 et 3,65, sur une échelle de 1 à 5. La valeur 1 observée au niveau des traitements T0 et T1, signifie qu'aucun nodule n'a été formé au niveau des racines des plants de soja dans ces parcelles. La différence entre les nombres de nodules des traitements inoculés T2 et T3 et ceux des traitements T0 et T1 a été hautement significative (Tableau 1).

Les résultats obtenus sur la croissance en hauteur des plants de soja ont montré que des différences significatives entre les traitements sont apparus à partir de 45^e jour après le semis (JAS), et ce, jusqu'au 90^e JAS. En effet, pendant

cette période, les traitements T0, T1 et T2 ont été significativement différents du traitement T3. La plus grande taille (66,88 cm) a été obtenue au 90^e JAS, avec les plants du traitement T3, c'est-à-dire au niveau des parcelles de soja inoculées et ayant subi un traitement herbicide (Tableau 2). Les trois autres traitements, avec des tailles de plants variant entre 51,83 cm et 57,55 cm n'ont présenté aucune différence significative entre eux au niveau de ce paramètre, au 90^e JAS (Tableau 2).

L'évolution de la vitesse de croissance en hauteur des plants de soja au cours du temps a présenté deux phases pour les traitements T1 et T3. Une phase d'accélération régulière jusqu'au 45^e JAS et une phase de ralentissement de la vitesse de croissance à partir du 60^e JAS. Pour les traitements T0 et T2, on a observé une évolution en dent de scie jusqu'au 45^e JAS, suivie d'une baisse de la vitesse de croissance à partir du 60^e JAS. Des différences significatives entre les traitements sont apparues

à partir des 45^e et 60^e JAS. La plus grande vitesse de croissance (1,647 cm/j) a été observée pour le traitement T3 au 45^e JAS contre 0,930 cm/j pour le traitement T0, qui n'a présenté aucune différence significative avec les traitements T1 et T2 dans ce même laps de temps (Tableau 3).

La quantité de biomasse fraîche produite s'est accrue de façon régulière au cours du temps, au niveau de tous les traitements. Cependant, les traitements inoculés T2 avec 5,91 t/ha et T3 avec 9,77 t/ha ont été significativement différents des traitements non inoculés T0 et T1, qui ont, eu respectivement, 5,17 t/ha et 4,58 t/ha au 60^e JAS. Il en a été de même au 75^e JAS, où les deux traitements T2 et T3 ont affiché des quantités, respectives, de biomasse de 26,04 t/ha et 34,37 t/ha. Enfin, au 90^e JAS, aucune différence significative n'a été constatée entre les quatre traitements. Cependant, la plus grande quantité de biomasse fraîche produite (40,92 t/ha) a été obtenue avec le traitement T3, contre 25,73 t/ha pour le traitement T0 (Tableau 4).

Tableau 1 : Abondance des nodules en fonction des traitements et du temps de croissance.

Abundance of nodules according to treatment and time of growth.

Traitements	Nombre de jours après semis				
	30	45	60	75	90
T0	1,0b*	1,0b	1,0b	1,0b	1,0b
T1	1,0b	1,0b	1,0b	1,0b	1,0b
T2	3,1a	3,4a	3,8a	4,1a	4,4a
T3	3,0a	3,6a	3,5a	4,3a	4,4a
LSD (0.05)	0,47	0,71	0,40	0,57	0,61
CV (%)	14,4	19,6	10,8	13,7	14,2

*Dans chaque colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de LSD.

LSD : Plus petite différence significative ; CV (%) : Coefficient de variation.

Tableau 2 : Hauteur (en cm) des plants de soja en fonction du temps et des traitements.
Height (cm) of soybean plants per time and treatment.

Traitements	Nombres de jours après semis					
	15	30	45	60	75	90
T0	16,40a*	27,66a	41,61b	50,05b	50,89b	51,83b
T1	15,88a	31,12a	48,01b	55,68ab	56,91ab	57,55b
T2	16,29a	27,49a	47,33b	52,23b	54,61b	55,31b
T3	15,93a	33,10a	58,83a	64,35a	65,65a	66,88a
LSD (0.05)	3,76	8,21	8,62	10,11	9,31	9,03
CV (%)	14,6	17,2	11,0	11,4	10,2	9,7

*Dans chaque colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de LSD.

LSD : Plus petite différence significative ; CV (%) : Coefficient de variation

Tableau 3 : Vitesse moyenne de croissance (cm/j) en fonction du temps et par traitement.
Mean growth rate (cm / day) per time and treatment.

Traitements	Nombre de jours après semis (JAS)					
	15	30	45	60	75	90
T0	1,090a	0,750b	0,930b	0,563a	0,045a	0,065a
T1	1,038a	1,035ab	1,125b	0,513a	0,118a	0,043a
T2	1,085a	0,748b	1,365ab	0,285a	0,165a	0,088a
T3	1,063a	1,140a	1,647a	0,435a	0,075a	0,080a
LSD (0.05)	0,215	0,298	0,332	0,3097	0,133	0,107
CV (%)	13,1	21,1	17	44,8	83,5	101,2

*Dans chaque colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de LSD.

LSD : Plus petite différence significative ; CV (%) : Coefficient de variation.

Tableau 4 : Quantité de matière fraîche (t/ha) produite en fonction du temps par traitement.
Amount of fresh material (t / ha) produced per time by treatment.

Traitements	Nombre de jours après semis (JAS)		
	60	75	90
T0	5,17b	16,11b	25,73a
T1	4,58b	17,64b	29,52a
T2	5,91a	26,04a	41,24a
T3	9,77a	34,73a	40,92a
LSD (0.05)	4,31	14,97	21,87
CV (%)	37,1	39,6	40,0

*Dans chaque colonne, les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 % selon le test de LSD.

LSD : Plus petite différence significative ; CV (%) : Coefficient de variation.

DISCUSSION

La présence de nodosités, uniquement, dans les parcelles inoculées a montré que la variété de soja Doko utilisée pour cette étude ne nodule pas spontanément avec les souches autochtones de bactéries du site d'expérimentation. Ces observations sont en conformité avec la caractéristique de cette variété reconnue, comme étant une variété à nodulation stricte (N'Gbesso *et al.*, 2010). En effet, cela pourrait traduire le fait que les souches de rhizobiums présentes dans le sol du site d'étude ne sont pas soit efficaces vis-à-vis de la variété Doko utilisée, soit elles ne s'y trouvent pas en quantité suffisante. Cette propriété des rhizobiums à infecter, de façon spécifique des espèces de légumineuses, avait déjà été mentionnée par Norris (1958). En outre, la forte teneur d'éléments grossiers pourrait avoir influencé négativement l'abondance des nodules. Cependant, Oikeh *et al.* (2010) ont obtenu une bonne nodulation du soja sur des sols ferrugineux gravillonnaires en savane au Nord Bénin. Toutefois, ces deux cas diffèrent par l'acidité des sols qui est plus élevée en zone forestière qu'en savane (Koné *et al.*, 2010b) avec une implication sur la teneur du sol en phosphore assimilable (Koné *et al.*, 2010a). Or, plusieurs travaux (Dakora *et al.*, 1987 ; Sanginga *et al.*, 2000 ; Carsky *et al.*, 2001) attestent que la formation des nodosités et l'intensité de leur activité dépendent des teneurs du sol en N et P. On peut donc supposer aussi que la faible teneur du sol en P-assimilable a réduit la formation de nodules dans la zone étudiée.

Le meilleur développement des plants sur les parcelles où les graines ont été inoculées serait dû à la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par les bactéries de souche IRAT-FA3 utilisées comme inoculum. Ainsi, sur ces parcelles, les plants de soja auraient eu suffisamment d'azote mis à leur disposition par les bactéries, en plus de l'azote contenu dans le sol. Ces deux sources d'azote auraient contribué à la satisfaction de leurs besoins nutritifs en cet élément minéral, très important dans la nutrition des plantes. Ceci pourrait expliquer les quantités élevées de biomasse fraîche produites au niveau des traitements T2 et T3, par rapport à celles des traitements non inoculés T0 et T1.

La nature gravillonnaire du sol et la mauvaise répartition de la pluviométrie pendant la période

de l'essai, entraînant un manque d'eau aux stades critiques du développement des plants (floraison, formation et remplissage de gousses) pourraient aussi être à l'origine des différences significatives observées au niveau de la production de biomasse entre les traitements T2, T3 et T0, T1. En effet, l'horizon humifère du sol de la parcelle expérimentale a un taux pondéral en éléments grossiers très élevé (plus de 50 % par endroits). Ce taux élevé d'éléments grossiers réduit le volume de la fraction argileuse du sol et la quantité des éléments nutritifs absorbables par les racines des plantes Boa (1990) ; Yoro *et al.* (1995) ; Yoro (2002) ; Yoro (2005) ; Boyer (1982), rendant ainsi faible la réserve en eau utile. Ces résultats sont en conformité avec ceux de Berk (1993), qui souligne que pour la culture du soja, les sols à faible capacité de rétention en eau sont peu aptes à une bonne production de biomasse et de graines.

En ce qui concerne l'herbicide, son effet bénéfique observé sur tous les paramètres étudiés, s'expliquerait par le fait que son action sur les plantes adventices a permis de réduire la compétition par rapport à l'espace, à la lumière, à l'eau et aux éléments nutritifs du sol. Cette réduction de la compétition serait à la base du bon développement observé au niveau des plants du traitement T3. La pression des plantes adventices a été, au contraire, plus forte dans la parcelle non traitée à l'herbicide et non inoculée ; ce qui expliquerait les quantités relativement faibles de biomasse fraîche obtenues avec le traitement T0 au cours des différentes phases de développement. Ces résultats sont en conformité avec les observations faites par Peeters et Salembier (1995), Téhia *et al.* (1996), N'Dabalishyé (1995) et Schmid *et al.* (1983) qui ont mis en relief les effets négatifs de la pression des mauvaises herbes sur les cultures et leurs rendements, et, ont préconisé l'utilisation des herbicides pour améliorer les récoltes.

L'application combinée de l'herbicide et de l'inoculation a rendu meilleur le développement des plants de soja. L'herbicide n'a pas eu d'effet significatif sur le nombre de nodules formés, comme en témoignent les nombres de nodules dans les deux traitements inoculés sans herbicide et avec herbicide. Cela pourrait être dû à la période d'application en pré levée de l'herbicide, qui se serait, en grande partie, décomposé avant la formation des premiers nodules sur les racines des plants de soja. Ces

résultats sont en conformité avec ceux de Anikwé *et al.* (2003). En outre, l'herbicide appliqué aurait eu un effet bénéfique sur l'efficacité des nodules. Ce qui aurait augmenté la capacité de fixation de l'azote au niveau des nodules par les bactéries, et accru la quantité de biomasse fraîche produite au niveau des traitements T2 et T3. Des observations similaires ont été faites par Anikwé *et al.* (2003). L'herbicide ou les résidus issus de sa décomposition auraient probablement stimulé l'activité fixatrice d'azote, notamment, l'activité nitrogénasique chez les bactéries. Ces résultats corroborent ceux de Dick (1998), qui a observé que l'application d'un herbicide à la dose prescrite, stimule l'activité de la déshydrogénase et l'uréase dans le sol.

CONCLUSION

L'étude menée a permis d'identifier les effets de l'inoculation des semences avant le semis sur la sojaculture. Celle-ci améliore le développement des plants de soja. Cela se traduit par des paramètres de croissance des plants issus des semences inoculées de soja, plus élevés par rapport à ceux provenant des semences non inoculées. Cette amélioration de la croissance des plants est due aux retombées de la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique par les bactéries contenues dans l'inoculum utilisé.

Cette expérimentation a aussi mis en évidence, les effets bénéfiques de l'herbicide. En effet, par son mode d'action sur les plantes adventices, l'herbicide a permis de réduire la compétition hydrique et minérale entre le soja et les mauvaises herbes. Cela a donc favorisé le développement des plants de soja. L'application de l'herbicide n'a pas eu d'effet sur la formation des nodules. En outre, l'efficacité des nodules formés s'est probablement vue renforcée grâce à la stimulation de l'activité des enzymes dans le sol, et, probablement, celle de la nitrogénase par l'herbicide.

Au regard de ces observations, nous pensons que la détermination de l'influence des facteurs pédo-climatiques sur les paramètres de croissance du soja et la maîtrise des effets des herbicides sur plusieurs types de sols, en ayant un regard appuyé sur les caractères physiques et morphologiques du sol, permettraient de mieux appréhender l'utilisation des herbicides et des pesticides, en fonction, du type de sol ce qui contribuerait à l'amélioration de la culture

des légumineuses, et, particulièrement, du soja, en Côte d'Ivoire.

BIBLIOGRAPHIE

- Anikwé M. A. N., Okonkwo C. I. and C. N. Mbah. 2003. Nodulation effectivity, N-Accumulation and yield of soybean treated with Pre- and Post-Emergence herbicides. *In* : Tropicultura Vol. 21 N° 1. J. Vercruyse. Square du Bastion 1A Bolwer square, 1050 Bruxelles. pp 22 - 28.
- Arjaure G. 2002. Soja et tournesol, deux têtes de rotation à adopter dans les exploitations biologiques. *In* : Oléoscope N° 66. Paris. pp 27 - 28.
- Bado B. V. 2002. Rôle des légumineuses sur la fertilité des sols ferrugineux tropicaux des zones guinéennes et soudaniennes du Burkina Faso. Thèse de doctorat. Département des sols et de génie agroalimentaire, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'alimentation. Université de Laval, Québec. 136 p.
- Berk Z. 1993. Technologie de production de farine alimentaire et de produits protéiques issus du soja. Bulletin des services agricoles FAO n° 37. 192 p.
- Boa D. 1990. Principales aptitudes et contraintes des sols du bassin. L'importance des gravillons. *In* : HYPERBAV, Structure et fonctionnement hydro pédologique d'un petit bassin versant de savane humide. Etudes et thèses. Edition de l'ORSTOM. pp 233 - 245.
- Boyer J. 1982. Les sols ferralitiques. Tome X, Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Initiations-Dokumentations Techniques N° 52. O.R.S.T.O.M. 384 p.
- Carsky R. J., Singh B. B. and B. Oyewole. 2001. Contribution of early-season cowpea to late season maize in the savanna zone of West Africa. *Biological Agriculture and Horticulture*. 2001, 18 : 303 - 315.
- Dakora F. D., Aboyinga R. A., Mahama Y. and J. Apaseku. 1987. Assessment of N fixation in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) and their relative N contribution to a succeeding maize crop in northern Ghana. *MIRCEN Journal*. 1987; 3 : 389 - 99.
- Dick R. P. 1998. Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. *In* : Pankhurst C. E., Doube B. M., Gupta V. V. S. R. *Biological indicators of soil health*. CAB International. pp 121 - 157.

- Koné B., Amadji G. L., Toure A., Togola A., Mariko M. and J. Huat. 2013. A Case of *Cyperus spp.* and *Imperata cylindrica* Occurrences on Acrisol of the Dahomey Gap in South Benin as Affected by Soil Characteristics : A Strategy for Soil and Weed Management. Applied and Environmental Soil Science, 2013, Hindawi Publishing Corporation, 7 p.
- Koné B., J. B. Ettien, G. L. Amadji, Diatta S et M. Camara. 2010 a. Effets d'engrais phosphates de différentes origines sur la production rizicole pluviale des sols acides en zone de forêt semi-montagneuse sous climats tropicaux : Cas des hyperdystric ferralsols sous jachères en Côte d'Ivoire. Etude et gestion des sols, 17 (1) : 7 - 17.
- Koné B., Yao-Kouame A., Sorho F., Diatta S., Sié M. and A. Ogunbayo. 2010 b. Long-term effect of Mali phosphate rock on the grain yield of interspecifics and sativa rice cultivars on acid soil in a humid forest zone of Côte d'Ivoire. Int. J. Biol. Chem. Sci. 4(3) : 563 - 570
- Moundiongui A., N'Gbesso M. F. P., N'Zoué A. et D. Konaté. 2001. Essai d'inoculation en station et en milieu paysan. Rapport d'activités campagne 2001-2002. CNRA 11 p + annexes.
- Norris D. O. 1958. A red strain of *Rhizobium* from *Lotononis bainesii*. Aust. J. Agric. Res. 9(5). pp 629 - 632.
- N'Dabalishyé I. 1995. Agriculture vivrière ouest africaine à travers le cas de la Côte d'Ivoire. Monographie, IDESSA, Bouaké. Côte d'Ivoire, 384 p.
- N'Gbesso M. F. P., N'Guetta A. S. P., Kouamé N. C. et K. B. Foua. 2010. Evaluation de l'efficience de l'inoculation des semences chez 11 géotypes de soja (*Glycine max* L. Merrill) en zone de savane de Côte d'Ivoire. Sci. Nat., 7(1) : 1812 - 0741.
- N'Gbesso M. F. P. 2002. Planification des programmes de deuxième génération. Légumineuses vivrières. Rapport d'activités CNRA 80 p.
- N'Gbesso M. F. P. et D. Konaté. 2000. Rapport d'activités de la convention CNRA/Projet Soja. CNRA Bouaké. 62 p.
- N'Goran A., Gnahoua G. M., Oualou K. et P. Pity. 1997. Evolution de la fertilité d'un sol au cours de 4 ans de culture, suite à une jachère de 6 ans. Cas d'une zone de forêt humide en Côte d'Ivoire. In : Jachères et maintien de la fertilité. Actes de l'atelier de Bamako, 2 - 4 Octobre 1997. pp 101 - 106.
- N'Zoué A., Kouamé C., Mondeil F. et P. F. M. N'Gbesso. 2003. Analyse agro morphologique de deux lignées de soja (*Glycine max* L. MERR). In : Agronomie Africaine 15 (3) : pp 93 - 104.
- Oikeh S., Houngnandan P., Robert A., Niang A., Toure A. and B. Koné. 2010. Contribution of Promiscuous Soybean (*Glycine max* L.) to Upland Rice-based Cropping Systems in West Africa. Journal of Agricultural Science and Technology, 4 (1 - 26) : 54 - 61.
- Peeters A. et F. J. Salembier. 1995. Contrôle des mauvaises herbes. In : Agronomie moderne, Base physiologique et agronomique de la production végétale. Hatier - AUPELF-UREF. pp 427 - 464.
- Sanginga N, Lyasse O and B. B. Singh. 2000. Phosphorus-use efficiency and nitrogen balance of cowpea breeding lines in a low P soil of the derived savanna zone in West Africa. Plant and Soil. 220 : 119 - 28.
- Schmid W., Dossekou M., Koch W. A. et H. Walter. 1983. Aspect de modification et nuisibilité de la flore adventice dans les systèmes au Togo. C. R. de la II^e Conf. Bis. SOAM, Abidjan, Côte d'Ivoire : pp 19 - 33.
- Téhia K. E., Marnotte P. et S. Doumbia. 1996. Comportement des mauvaises herbes dans les systèmes de culture en couloir (haie de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Witt), X^e Colloque international sur la biologie des mauvaises herbes, Dijon, France, pp 403 - 409.
- Yoro G. 2002. La pédologie pour une gestion durable des sols. Cours d'initiation pour les agents des caisses de stabilisation et de péréquation du Gabon. CNRA 24 p.
- Yoro G. 2005. Les conditions d'une gestion durable des sols. Eléments de cours. 14 p.
- Yoro G., Tamia A. and G. Gnonhoui. 1995. Technical report on land development for sustainable agriculture in Côte d'Ivoire. Results from Becedi site. IBSRAM-IDEFOR/DCC. 96 p.