

## Effets de la terre des nids de fourmis *pheidole sp* (formicidae, hymenoptera) sur la croissance des cultures maraichères en zone soudano sahelienne au Mali

### [ *Pheidol sp* (formicidae, hymenoptera) ant nest effects on the growth of vegetable crops in the soudano-sahelian zone in Mali ]

Fanta Tounkara<sup>1</sup>, Bakary Sagara<sup>1</sup>, Abou Coulibaly<sup>1</sup>, and Amoro Coulibaly<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR, IFRA), Département des Sciences et Techniques Agricoles (DER-STA), Koulikoro, Mali

<sup>2</sup>Professeur Honoraire, Koulikoro, Mali

Copyright © 2021 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** Agriculture today is faced with the need for profound change to meet current challenges, whether they are environmental, climatic, food, social or economic. Thus, sustainable agriculture aims to move away from dependence on inputs with a high environmental impact (pesticides, fertilizers) in order to move towards new forms of natural resources. Anthill soil provides excellent organic manure, especially for poor soils that do not retain water. This study presents the results of the work on the effect of anthill soil compared to the effects of mineral and organic inputs on the development of vegetable crops during the hot dry season in the Sudano-Sahelian zone. The physico-chemical characterization of the soils was carried out. The biometric parameters studied were height, diameter at the root collar, number of leaves and weight of plants. The experimental device used was a total randomization comprising the 6 treatments. The soil at the site is loamy and slightly acidic. The carbon, nitrogen, phosphorus and potassium contents of anthill lands are higher than those of surrounding soils. Overall, the means of heights, neck diameters and number of leaves of cabbage and beet lettuce plants with 100% and 50% anthill soil substrates are significantly different from other treatments (mineral manure, organic manure, substrates of 10% anthill soil and control soil). The land of anthills has a significantly different impact on the production of cabbage, lettuce and beet.

**KEYWORDS:** Ant nests, Sustainable agriculture, Climate change, Biodiversity, Plant growth, Natural fertilizers.

**RESUME:** L'agriculture se trouve aujourd'hui face à la nécessité d'un changement profond pour répondre aux enjeux actuels qu'ils soient environnementaux, climatiques, alimentaires, sociaux ou économiques. Ainsi, l'agriculture durable ambitionne à sortir de la dépendance aux intrants à forte nuisance environnementale (pesticides, engrais) pour s'orienter vers de nouvelles formes de ressources naturelles. La terre de fourmilière fournit un excellent fumier organique, surtout pour les sols pauvres qui ne retiennent pas l'eau. Cette étude présente les résultats des travaux sur l'effet de la terre de fourmilière comparé aux effets des intrants minéraux et organiques sur le développement des cultures maraichères pendant la saison sèche chaude en zone soudano-sahélienne. La caractérisation physico-chimique des sols a été effectuée. Les paramètres biométriques étudiés ont été la hauteur, le diamètre au collet, le nombre de feuilles et le poids des plants. Le dispositif expérimental utilisé a été une randomisation totale comportant les 6 traitements. Le sol du site est de type limoneux et légèrement acide. Les teneurs en carbone, azote, phosphore et potassium des terres de fourmilières sont plus élevées que celles des sols environnants. Globalement, les moyennes des hauteurs, diamètres au collet et nombres de feuilles des plants de laitue chou et betterave avec les substrats de 100% et 50% de terre de fourmilière sont significativement différents des autres traitements (fumure minérale, fumure organique, substrats de 10% de terre de fourmilière et témoin). La terre de fourmilières a un impact significativement différent sur les productions du chou, de la laitue et de la betterave.

**MOTS-CLEFS:** Nids de fourmi, Agriculture durable, Changement climatique, Biodiversité, Croissance des plantes, Fertilisants naturels.

## 1 INTRODUCTION

Les sols de la zone soudano sahélienne sont caractérisés par un niveau de fertilité de plus en plus faible du fait des effets combinés de mauvaises pratiques agricoles (surpâturage, de la monoculture, etc.) et des conditions climatiques (vents et pluies défavorables) [1]. Pour surmonter cette contrainte, les fertilisants chimiques sont utilisés surtout en maraîchage. Ces engrais posent des problèmes d'ordre économique (très coûteux pour les paysans) et d'ordre écologique (pollution de l'environnement). L'emploi de ressources locales comme les terres des fourmilières est une des solutions à l'amélioration de la fertilité des sols [2]. L'adoption de telles pratiques intelligentes par les paysans peut être une solution de rechange aux fertilisants chimiques.

En effet les fourmis ont un effet positif sur l'immobilisation des éléments nutritifs, sur l'humification du sol [3], [4]. De plus, les fourmilières améliorent l'infiltration de l'eau dans le sol [5]. De ce fait, les plantes qui poussent sur les monticules formés par les fourmis moissonneuses ont une productivité élevée [6]. Les décharges externes des fourmilières bénéficient aux herbacées tandis que leurs déchets sous terrains sont utiles aux arbres [7], [8].

Peu de travaux ont été réalisés sur le rôle pédologique des fourmis dans les sols et leur emploi en agriculture malgré que souvent la densité des fourmilières soit particulièrement élevée [9]. C'est dans ce contexte que la présente étude vise à mettre en évidence l'effet de la terre de fourmilière sur la croissance de cultures maraîchères dans la zone soudano sahélienne. Ce qui contribuera à le défi de la gestion de la fertilité des sols dégradés pour l'agriculture des pays subsahariens [2] par la valorisation des fourmilières, à la préservation de la biodiversité pédofaune pour l'augmentation durable des rendements.

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 LIEU D'ÉTUDE

L'étude s'est déroulée dans le domaine de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée de Katibougou (IPR/IFRA). Ses coordonnées géographiques sont les suivantes: 12°55' Nord; 7°33' Ouest, 326 m d'altitude. Il couvre 380ha et est situé à 3,5 km de la ville de Koulikoro et à 70km de Bamako (Mali). Le climat est de type soudano-sahélien avec un cumul annuel de la pluviométrie oscillant entre 700 et 900 mm. Le sol est à prédominance ferrugineux tropical hydromorphe caractérisé par une texture argilo-limoneuse, une faible teneur en éléments minéraux et matière organique et un pH acide.

Les essais ont été implantés dans un tunnel (abri à filet) pendant la saison sèche chaude avec une température moyenne qui varie entre 30° et 38°C.

### 2.2 SUBSTRATS

Les terres de fourmilières ont été prélevées au niveau de 20 nids actifs de fourmi *Pheidole* à une profondeur de 0 à 25 cm et homogénéisées. A 10 m des monticules autour de l'entrée de chacun des 20 nids de fourmi, de la terre a été prélevée puis mélangée avec la terre de fourmilière ou amendée avec la fumure minérale ou organique (Tableau 1).

**Tableau 1. Composition des substrats**

Substrats	Composition
Terre de Fourmilière (F100%)	Terre prélevée uniquement dans les nids de fourmis
Terre de Fourmilière (F50%)	Mélange de 50% de terre de Fourmilière et de 50% de terre prélevée à 10 m des nids de fourmis
Terre de Fourmilière (F10%)	Mélange de 10% de terre de Fourmilière et de 90% de terre prélevée à 10 m des nids de fourmis
Fumure minérale (FM)	Terre prélevée à 10 m des nids de fourmis et mélangée avec le complexe céréale (NPK) en raison de 667 kg/ha et d'urée (109 kg/ha) pour la laitue et le chou
	Terre prélevée à 10 m des nids de fourmis et mélangée avec le sulfate de potassium en raison de 40 kg/ha pour la betterave
Fumure organique (FO)	Terre prélevée à 10 m des nids de fourmis et mélangée avec le Revolusol en raison de 10 t/ha
Témoin (T)	Terre prélevée uniquement à 10 m des nids de fourmis

## 2.3 MATÉRIEL VÉGÉTAL

Les espèces choisies pour l'essai ont été la laitue (*Lactuca sativa*) de la variété Blonde de Paris, le chou (*Brassica campestris*) de la variété Fortune F1 et la betterave (*Beta vulgaris*) de la variété Crimson Globe. Ce sont des légumes feuilles et racines.

## 2.4 CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS

Les analyses ont porté sur la granulométrie (Méthode internationale avec application de la pipette de Robinson), le pH eau et le pH KCl (Méthode par potentiométrie), le taux de matière organique (Méthode Anne), la teneur en azote total (Méthode Kjeldahl) et en potassium et phosphore assimilable (Méthode à l'extraction à l'eau). Les échantillons ont été prélevés à une profondeur de 10 à 20 cm de profondeur dans les nids de fourmis (Terre de fourmilière) et à 10 m des nids (Témoin). Les analyses ont été effectuées au Laboratoire des sols HEINZ IMHOF de l'IPR/IFRA.

## 2.5 CONDUITE DE L'ESSAI

Les essais n'ont pas subi de traitements phytosanitaires. L'arrosage a été régulier pour éviter le dessèchement des plants. Pendant l'expérimentation, les plants morts n'ont pas été remplacés.

Un seul facteur a été étudié. C'est la fertilisation prise à 6 niveaux de variation: Terre de Fourmilière (F100%), Terre de Fourmilière (F50%), Terre de Fourmilière (F10%), (F10%), Fumure minérale (FM), Fumure organique (FO) et Témoin (T). Le dispositif expérimental utilisé a été une randomisation totale comportant les 6 traitements. Les 6 traitements de chaque spéculacion ont été répétés 10 fois.

Les 3 mesures et comptages biométriques ont été effectuées tous les 15 jours et ont porté sur: le diamètre au collet des plants, la hauteur des plants et le nombre des feuilles. Pour la laitue et le chou, les mesures des paramètres agronomiques (observations) ont commencé 15 jours après le repiquage (JAR) et pour la betterave 60 jours après la levée (JAL). A la récolte, les plants (organes aériens et organes sous terrains) ont été nettoyés et pesés.

## 2.6 TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES

L'ANOVA a été utilisée pour déterminer les moyennes des paramètres physico chimique des sols et biométriques des plants et les interférences entre les espèces végétales et les différents types de fertilisation sur les paramètres biométriques. Les différents traitements ont été comparés par les tests de Fisher (LSD) et Newman-Keuls (SNK).

# 3 RÉSULTATS

## 3.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES SOLS

La terre de fourmilière est moins argileuse ( $13,17 \pm 2,62\%$ ) et sablonneuse ( $32,48 \pm 5,20$ ) que la terre environnante. Il y a plus de limon dans la terre de fourmilière. Il n'y a pas de différence significative entre les taux d'argile, de limon et de sable. Le sol est de type limoneux (Tableau 2).

**Tableau 2. Granulométrie des sols**

Sol	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Classe texturale
Terre de fourmilières	13,17±2,62	54,34±9,54	32,48±5,20	Limoneux
Témoin	15,88±2,63	47,13±8,617	36,98±6,52	Limoneux
Moyenne	14,52±1,91	50,73±5,09	34,73±3,18	Limoneux

La différence est significative entre les pH eau moyens des terres de fourmilières ( $5,090 \pm 0,173$ ) et les témoins ( $5,363 \pm 0,085$ ). Par contre, il n'y a pas de différence significative entre les pH KCl moyens des terres de fourmilières et les témoins. Le sol est légèrement acide. Les concentrations en matière organique et azote des terres de fourmilières sont plus élevées que celles des témoins. Il n'y a pas de différence significative. Les sols du site de l'étude sont pauvres en azote et matière organique. Les teneurs moyennes en phosphore assimilable des terres de fourmilières ( $0,142 \pm 0,118\%$ ) sont significativement différentes des teneurs moyennes des témoins. Le sol du site est pauvre en phosphore. La différence n'est pas significative entre le potassium contenu dans les terres de fourmilières et les témoins (Tableau 3).

Tableau 3. Analyse chimique des sols

Sol	pH eau	pH KCl	Matière organique (%)	Azote (%)	Phosphore (%)	Potassium (ppm)
Terre de fourmilières	5,090±0,173	4,522±0,181	0,475±0,05	0,057±0,026	0,142±0,118	10,347±0,714
Témoin	5,362±0,085	4,715±0,151	0,425±0,095	0,025±0,005	0,005±0,004	10,025±2,502
Moyenne	5,226±0,192	4,618±0,136	0,425±0,035	0,041±0,022	0,073±0,096	10,186±0,228

### 3.2 CROISSANCE DES PLANTS

#### 3.2.1 LAITUE

Du début jusqu'à la fin des observations, les hauteurs moyennes, les diamètres moyens au collet et les nombres moyens de feuilles des plants de laitue des substrats de 100% de terre de fourmilière sont significativement différentes des autres traitements.

En début de croissance, les hauteurs moyennes des plants des substrats de 100% et 50% de terre de fourmilière sont significativement différentes des hauteurs moyennes des plants des autres traitements (Tableau 4).

Tableau 4. Hauteurs moyennes des plants de laitue au 15<sup>e</sup> JAR

Substrats	Hauteur moyenne (cm)	Ecart-type	Regroupements
Terre de Fourmilière à 100%	14,33	1,45	A
Terre de Fourmilière à 50%	14,33	1,56	A
Fumure minérale	12,16	1,63	B
Fumure organique	11,00	0,92	B
Terre de Fourmilière à 10%	11,00	1,41	B
Témoin	9,83	0,75	B

Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %

A la fin des observations, les plants des substrats de 100% et 50% de terre de fourmilière ont les nombres de feuilles les plus élevés (Fig 1).

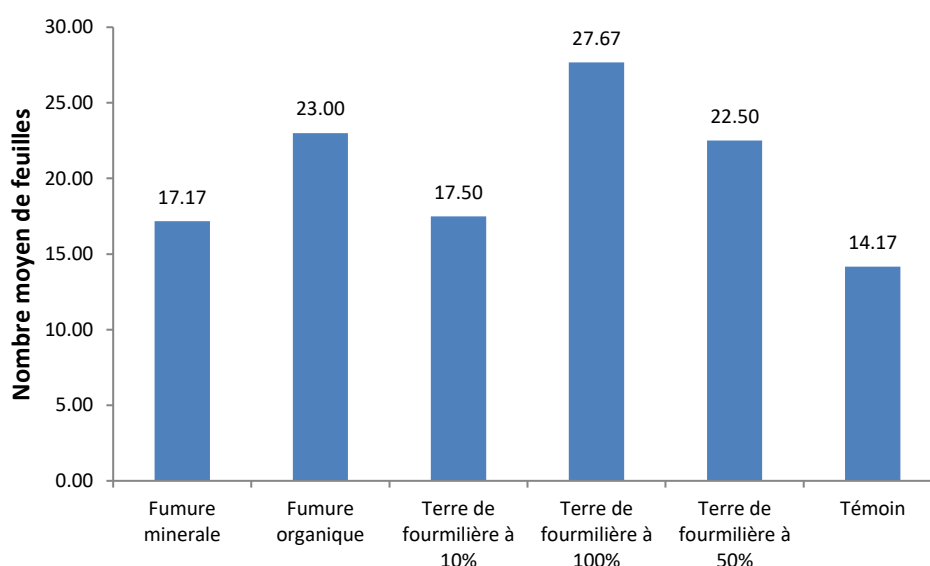


Fig. 1. Nombre moyen de feuilles 45 JAR

### 3.2.2 CHOU

En début de croissance, les hauteurs moyennes des plants de chou ( $12,50 \pm 1,74$  cm) des substrats de 100% de terre de fourmilière sont significativement différentes des autres traitements. A la fin des observations, les plants des substrats de 100% et 50% de terre de fourmilière ont une croissance rapide. Les hauteurs, diamètres moyens au collet et nombres moyens de feuilles des substrats de 100% de terre de fourmilière sont les plus élevés. Mais, il n'y a pas de différence significative entre les différents traitements (Tableau 5).

**Tableau 5. Nombres moyens de feuilles des plants du chou au 45<sup>e</sup> JAR**

Substrats	Nombres moyens	Ecart-type	Regroupements
Terre de Fourmilière à 100%	15,16	1,78	A
Terre de Fourmilière à 50%	15,00	1,52	A
Fumure organique	14,83	1,99	A
Fumure minérale	14,00	1,03	A
Terre de Fourmilière à 10%	13,16	1,94	A
Témoin	12,66	1,21	A

Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %

### 3.2.3 BETTERAVE

En début de croissance, les hauteurs moyennes des plants betterave des substrats de 100% ( $10,89 \pm 1,98$ cm) et 50% ( $9,91 \pm 1,36$ cm) de terre de fourmilière sont significativement différentes des autres traitements. La différence n'est pas significative pour les diamètres moyens au collet et les nombres moyens de feuilles. A la fin des observations, les hauteurs et diamètres moyens des plants des substrats de 100% de terre de fourmilière sont significativement différents des autres traitements (Tableau 6).

**Tableau 6. Hauteurs moyennes des plants de betterave au 90<sup>e</sup> JAL**

Substrats	Hauteur Moyenne (cm)	Ecart-type	Regroupements		
Terre de Fourmilière à 100%	27,13	2,31	A		
Terre de Fourmilière à 50%	25,23	2,39	A	B	
Fumure minérale	24,75	2,54	A	B	
Terre de Fourmilière à 10%	22,57	2,48	A	B	C
Fumure organique	21,22	3,06		B	C
Témoin	18,57	2,41			C

Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %

### 3.3 POIDS DES PLANTS

Le poids moyen des plants de laitue est de  $240,42 \pm 24,94$  g. La différence est significative entre les poids moyens des plants des substrats avec 100% et 50% de terre de fourmilière et les autres traitements (Tableau 4).

**Tableau 7. Poids moyens des plants de laitue**

Substrats	Poids moyen (g)	Écart-type	Regroupements			
Terre de Fourmilière à 100%	265,00	8,24	A			
Terre de Fourmilière à 50%	257,00	10,56	A	B		
Fumure organique	247,20	9,80		B	C	
Fumure minérale	244,16	9,30		B	C	
Terre de Fourmilière à 10%	234,50	10,25			C	
Témoin	192,50	8,54				D

Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %

Le poids moyen des plants du chou est de  $340,88 \pm 98,90$ g. Le test de Newman-Keuls regroupe les poids moyens hauteurs moyennes en 4 classes significativement différentes (Tableau 5).

**Tableau 8. Poids moyens des plants du chou**

Substrats	Poids moyen (g)	Écart type	Regroupements			
Terre de Fourmilière à 100%	534,50	24,67	A			
Terre de Fourmilière à 50%	384,83	21,31		B		
Fumure organique	299,83	10,77			C	
Fumure minérale	298,66	4,32			C	
Terre de Fourmilière à 10%	278,33	27,14			C	
Témoin	249,16	16,90				D

Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %

Le poids moyen des betteraves est de  $378,58 \pm 113,56$  g. Les poids moyens des plants des substrats avec 100% et 50% de terre de fourmilière sont significativement différents des autres traitements (Tableau 6).

**Tableau 9. Regroupements des poids moyens des plants de betterave**

Substrats	Poids moyen (g)	Écart-type	Regroupements			
Terre de Fourmilière à 100%	578,000	20,84	A			
Terre de Fourmilière à 50%	475,900	19,30		B		
Fumure minérale	308,000	4,97			C	
Terre de Fourmilière à 10%	303,900	8,35			C	D
Fumure organique	299,800	7,72			C	D
Témoin	290,000	10				D

Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %

### 3.4 INTERACTION ENTRE LES 3 ESPÈCES ET LES SUBSTRATS (FERTILISANTS)

L'interaction entre les plants (chou, laitue et betterave) et les traitements est très significative ( $p$ -value < 0.0001) pour les hauteurs (Tableau 7), les diamètres au collet et les nombres de feuilles au début du développement des plants (15<sup>e</sup> JAR pour le chou et la laitue, 60<sup>e</sup> JAL pour la betterave).

**Tableau 10. Analyse du modèle de l'interaction des hauteurs du chou, de la laitue et de la betterave avec les traitements en début de la période d'observation**

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Espèces-Plants	2	231,30	115,65	21,00	< 0,0001
Traitements	5	118,57	23,71	4,30	0,001
Espèces-Plants-Traitements	10	228,22	22,82	4,14	< 0,0001

Intervalle de confiance à 95,00 %

En début de la période d'observation, les 3 espèces réagissent différemment par rapport à la terre de fourmilière et aux traitements amendés par la terre de fourmilière. Les plants de laitue et chou des substrats de 100% de terre de fourmilière ont des hauteurs et des diamètres au collet de plants significativement plus élevés que les autres traitements. Pour la betterave, les différences ne sont pas significativement élevées entre la terre de fourmilière à 100% et les autres traitements.

A la fin de la période d'observation, l'interaction entre les différentes espèces et les substrats est très significative ( $p$ -value < 0.0001) pour les paramètres mesurés (hauteurs, diamètres au collet et nombres de feuilles). Mais les 3 espèces n'ont pas la même réaction par rapport aux différents substrats.

Les substrats contenant 100% et 50% de terre de fourmilière sont significativement différents des autres traitements par rapport au poids des différentes espèces (Tableau 8).

Tableau 11. Classement et regroupements des substrats non significativement différents en fonction du poids des plants

Substrats	Poids moyen (g)	Regroupements			
Terre de Fourmilière à 100%	480,773	A			
Terre de Fourmilière à 50%	391,364		B		
Fumure organique	287,286			C	
Fumure minérale	287,095			C	
Terre de Fourmilière à 10%	278,000			C	
Témoin	250,476				D

Newman-Keuls (SNK) / Analyse des différences entre les groupes avec un intervalle de confiance à 95,00 %

L'interaction entre les poids du chou, de la laitue et de la betterave avec les différents traitements est très significative ( $p$ -value < 0.0001) (Tableau 9).

Tableau 12. Analyse du modèle de l'interaction des poids du chou, de la laitue et de la betterave avec les traitements

Source	ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Espèces	2	408095,467	204047,733	979,018	< 0,0001
Traitement	5	678587,655	135717,531	651,171	< 0,0001
Espèces-Traitement	10	227660,729	22766,073	109,231	< 0,0001

Type III SS

Les 3 espèces sont significativement différentes en fonction des traitements. Les espèces qui ont reçu le même traitement diffèrent entre eux significativement (Fig 1).

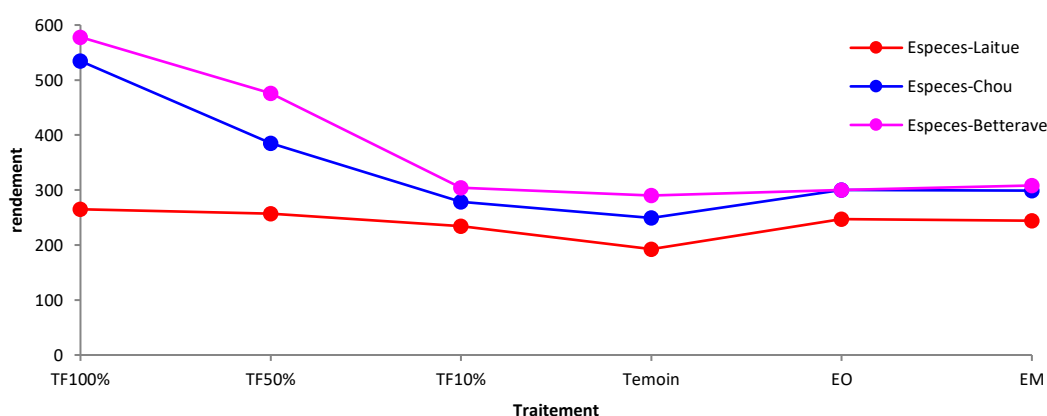


Fig. 2. Interaction entre les facteurs Traitements et espèces

#### 4 DISCUSSION

L'amélioration de la fertilité du sol par les fourmis pourrait influencer différemment les plantes, en fonction des concentrations de nutriments et des espèces végétales [10], [11], [12], [13].

Les sols provenant des nids de fourmis ont des teneurs plus élevées en nutriments minéraux que les sols environnants [14], [15], [16], [17] et sont donc présumés logiquement bénéfiques à la croissance des plantes [18], [19]. Dans les mêmes conditions d'expérimentation, les apports de 10%, 50% et 100% de la terre de fourmilière ont eu des effets différents sur les croissances du chou, de la laitue et de la betterave. La réponse des plantes à différentes concentrations de nutriments dans un écosystème varie selon les espèces [20]. Les plants de la laitue et de la betterave ont réagi plus favorablement à l'amendement à 50% et 100% de la terre de fourmilière que les plants du chou. Cette faible performance du chou par rapport à la laitue et la betterave peut être attribuée aux sols du domaine de l'IPR/IFRA qui sont relativement acides alors que le chou réagit mal au sol «acide» [21].

Les plants de laitue, betterave et chou des pots amendés à 50% et 100% de la terre de fourmilière ont une croissance plus rapide que les plants des autres traitements. Ceci s'explique par le fait que les légumes feuilles ont besoin de beaucoup d'azote pour leur croissance et les terres des fourmilières sont enrichies en azote disponible et phosphore assimilable [22]. La terre de fourmilière étant très riche en matière organique et en éléments minéraux assimilables favorise la croissance et l'augmentation de la production [15], [23], [24].

Les poids des plants de la laitue des pots amendés de 50% et 100% de la terre de fourmilière et de la fumure organique sont les plus élevés. En effet, pour bien se développer, la laitue a besoin d'un sol riche en humus et bien drainé [25], [26] et l'enrichissement en matière organique des sols de nidification semble provenir de l'activité des ouvriers [23], [24]. Cette matière organique dérivée des fourmis (excrétion et tissu de fourmis mortes) est assimilable par les plantes pour l'entretien et la reproduction [17]. L'azote étant le pivot de la fertilisation du chou [27], [28], les poids des plants du chou des pots amendés de 50% et 100% de la terre de fourmilière sont les plus élevés car les terres des fourmilières sont riches en nutriments minéraux assimilables (azote, calcium, magnésium et potassium) [15]. Des expériences et des mesures de terrain d'isotopes naturels ont montré que les plantes peuvent assimiler l'azote des sites de nidification [29], [30], [31]. Quand les racines commencent à se former chez la betterave, la croissance de la partie aérienne ralentit et celle de la partie souterraine accélère. Ce qui entraîne une utilisation accrue d'azote, de potassium et de phosphore [32], [33]. Les poids des plants de betterave des pots amendés de 50% et 100% de la terre de fourmilière sont significativement supérieurs à ceux des autres traitements malgré que les paramètres agronomiques des plants des différents traitements ne présentent pas de différence significative à cause des richesses en nutriments minéraux de la terre de fourmilière [15].

En fonction des apports de la terre de fourmilière, les plants de la laitue et du chou ont une croissance et une production significativement différentes des plants des autres traitements. La croissance des plants de la betterave n'est pas significativement différente par contre la production est significativement différente des autres traitements. Ces différences peuvent résulter des nutriments minéraux disponibles et des stratégies d'utilisation des ressources par les différentes espèces végétales [34], [35].

## 5 CONCLUSION

L'apport de la terre de fourmilière a amélioré considérablement la production du chou, de la laitue et de la betterave. Les plants de ces 3 espèces ont réagi différemment par rapport à la terre de fourmilières pendant la phase végétative. Les plants du chou, de la laitue et de la betterave sont significativement sensibles à la terre de fourmilière qui leur assure une croissance donc une production significativement plus élevées que les plants des autres traitements. Ces informations méritent d'être prises en compte pour l'amélioration des performances de l'agriculture et pour la protection de l'environnement (la valorisation et conservation de la biodiversité agricole) dans un contexte de changement climatique.

## REMERCIEMENTS

Cette étude a bénéficié des apports financiers de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) à travers le fond pour la formation des formateurs du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (Mali).



## REFERENCES

- [1] E. Ouedraogo, A. Mando, and L. Brussaard, "Termites et paillis concourent à la réhabilitation des sols," *AGRIDAPE*, vol. 24, no. 2, 2008.
- [2] J. A. Mokossesse, M. Lepage, and G. Josens, "Croissance en pots de quatre espèces végétales sur des substrats enrichis avec la terre de termitières de *Cubitermes*," *Tropicultura*, vol. 3, no. 27, 2009.
- [3] J. Anderson and P. Flanagan, "Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils," T. Oades, G. Uehara and D. C. Coleman, eds., Honolulu: NifTAL Project, Univ. Of Hawaii, pp. 97–125, 1987.
- [4] P. Lavelle, D. Bignell, M. Lepage, V. Wolters, P. Roger, and P. Ineson, "Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers," *Eur. J. Soil Biol.*, no. 33, 1997.
- [5] X. R.] Li, R. L. Jia, Y. W. Chen, L. Huang, and P. Zhang, "Association of ant nests with successional stages of biological soil crusts in the Tengger Desert, Northern China," *Applied Soil Ecology*, vol. 47, no. 1, 2011.
- [6] M. J. F. Brown and K. G. Human, "Effects of harvester ants on plant species distribution and abundance in a serpentine grassland," *Ecologia*, no. 112, 1997.
- [7] A. G. Farji-Brener and V. Werenkraut, "A meta-analysis of leaf-cutting ant nest effects on soil fertility and plant performance," *Ecological Entomology*, no. 40, pp. 150–158, 2015, doi: 10.1111/een.12169.
- [8] M. J. F. Brown and K. Human, "Effects of harvester ants on plant species distribution and abundance in a serpentine grassland," *Ecologia*, no. 112, 1997.
- [9] J. Dupuis and F. Verger, "Les microreliefs dus aux fourmis et leurs caractères pédologiques," *Norois*, no. 41, 2015, doi: 10.3406/noroi.1964.7225.
- [10] C. C. Horvitz, "Analysis of how ant behavior affects germination in a tropical myrmecochore *Calathea microcephala* (P. & E.) Koernicke (Marantaceae): microsite selection and aril removal by neotropical ants, *Odontomachus*, *Pachycondyla*, and *Solenopsis* (Formicidae)," *Oecologia*, no. 51, pp. 47–52, 1981.
- [11] D. J. Levey and M. M. Byrne, "Complex ant-plant interactions: rain forest ants as secondary dispersers and post-dispersal seed predators," *Ecology*, no. 74, pp. 1802–1812, 1993.
- [12] M. Garrettson, J. F. Stetzel, B. S. Halpern, D. J. Hearn, B. T. Lucey, and M. J. McKone, "Diversity and abundance of understory plants on active and abandoned nests of leaf-cutting ants (*Atta cephalotes*) in a Costa Rica rain forest," *Journal of Tropical Ecology*, no. 14, pp. 17–26.
- [13] A. G. Farji-Brener, "The effect of abandoned leaf-cutting ant nests on plant assemblage composition in a tropical rainforest of Costa Rica," *Ecoscience*, no. 12, pp. 554–560, 2005.
- [14] A. J. Beattie, "The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms," Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- [15] P. J. Folgarait, "Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review," *Biodivers. Conserv.*, vol. 7, pp. 1221–1244, 1998.
- [16] J. A. Macmahon, J. F. Mull, and T. O. Crist, "Harvester ants (*Pogonomyrmex* spp.): Their community and ecosystem influences," *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol. 31, pp. 265–291, 2000.
- [17] D. Wagner and E. Fleur Nicklen, "Ant nest location, soil nutrients and nutrient up take by ant associated plants: does extrafloral nectar attract ant nests and thereby enhance plant nutrition," *British Ecological Society. Journal of Ecology*, vol. 98, pp. 614–624, 2010, doi: 10.1111/j.1365-2745.2010.01640.x.
- [18] P. Moutinho, D. Nepstad, and E. Davidson, "Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia," *Ecology*, no. 84, 2003.
- [19] L. Sternberg, M. C. Pinzon, M. Moreira, P. Moutinho, E. I. Rojas, and E. A. Herre, "Plants use macronutrients accumulated in leaf-cutter ant nests," *Proceedings of the Royal Society B*, vol. 374, pp. 315–321, 2007.
- [20] A. Saha, K. Carvalho, L. Sternberg, and P. Moutinho, "Effect of leaf-cutting ant nests on plant growth in an oligotrophic Amazon rain Forest," *Journal of Tropical Ecology*, pp. 263–270, 2012.
- [21] L. M. Kimuni et al., "Effets de doses croissantes des composts de fumiers de poules sur le rendement de chou de Chine (*Brassica chinensis* L.) installé sur un sol acide de Lubumbashi," *Journal of Applied Biosciences*, vol. 71, no. 1, 2014.
- [22] L. A. Lobry de Bruyn and A. J. Conacher, "The role of termites and ants in soil modification: a review," *Aust. J. Soil Res.*, vol. 28, pp. 55–93, 1990.
- [23] P. Dostal, M. Breznova, V. Kozlickova, T. Herben, and P. Kovar, "Ant-induced soil modification and its effect on plant below-ground biomass," *Pedobiologia*, no. 49, 2005.
- [24] J. Frouz, J. Kalcik, and P. Cudlin, "Accumulation of phosphorus in nests of red wood ants *Formica* s. str.," *Annales Zoologici Fennici*, no. 42, 2005.
- [25] D. C. E. Wurr and J. R. Fellows, "The influence of transplant age and raising conditions on the growth of crisp lettuce plants raised in Techniculture plugs," *J. Hortic. Sci.*, no. 61, 1986.

- [26] L. Thuries, A. Arrufat, M. Dubois, C. Feller, P. Herrmann, and M. C. Larre-Larrouy,. "Influence d'une fertilisation organique et de la solarisation sur la productivité maraîchère et les propriétés d'un sol sableux sous abri," *Etude et gestion des sols*, vol. 7, no. 1, 2000.
- [27] M. Messiaen, *Le potager tropical*, 2nd ed., vol. 3..
- [28] J. M. Lachapelle, "Réévaluation des besoins en azote, phosphore et potassium des cultures de brocoli, de chou et de chou-fleur en sols minéraux au Québec," 2010.
- [29] N. Lescano, A. G. Farji-Brener, E. Gianoli, and T. Carlo, "Bottom-up effects may not reach the top: the influence of ant-aphid interactions on the spread of soil disturbances through trophic chains," vol. Series B, 2012.
- [30] A. G. Farji-Brener, N. Lescano, and L. Ghermandi, "Ecological engineering by a native leaf-cutting ant increases the performance of exotic plant species," *Oecologia*, vol. 163, no. 1, 2010.
- [31] A. Saha, K. Carvalho, L. Sternberg, and P. Moutinho, "Effect of leaf-cutting ant nests on plant growth in an oligotrophic Amazon rain Forest," *Journal of Tropical Ecology*, no. 28, Art. no. 28, 2012.
- [32] P. Lemaire, "Contribution à l'étude du comportement de populations de betterave à sucre cultivées en sec sous les conditions écologiques de la MITIDJA occidentale en vue de la planification de la production," Institut National Agronomique, EL HARRACH, Alger, Mem. Ing. Agronome, 1981.
- [33] M. Agbani and C. Jenane, "Fiche Technique : La betterave à sucre monogerme," *Transfert de technologie en agriculture. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA*, no. 75, 2000, Accessed: Nov. 20, 2018. [Online]. Available: [https://www.agrimaroc.net/bulletins/btta\\_75.pdf](https://www.agrimaroc.net/bulletins/btta_75.pdf).
- [34] F. S. Chapin, P. M. Vitousek, and K. Van Cleve, "The nature of nutrient limitation in plant communities," *American Naturalist*, no. 127, 1986.
- [35] F. Valladares, E. Martinez-Ferri, L. Balaguer, E. Perezcorona, and E. Manrique, "Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: a conservative resource-use strategy," *New Phytologist*, no. 148, 2000.