

BIOÉCOLOGIE DES FOURMIS (*PHEIDOLE* SP.) DANS LA ZONE SOUDANO SAHELIENNE AU MALI (KOULIKORO - KATIBOUGOU)

BIOECOLOGY OF ANTS (*PHEIDOLE* SP.) IN THE SOUDANO-SAHELIAN ZONE IN MALI (KOULIKORO - KATIBOUGOU)

FANTA TOUNKARA¹, BAKARY SAGARA¹, AMORO COULIBALY², ABOU COULIBALY¹

¹Institut Polytechnique Rural de Formation et Recherche Appliquée (IPR-IFRA)

²Professeur Honoraire

Adresse des auteurs :

Fanta Tounkara : 66 78 73 21, tfanta2019@gmail.com

Bakary Sagara: 66 56 91 95, bakarysagara@yahoo.fr

Amoro Coulibaly: 65 83 15 53, coulibalya2002@yahoo.fr

Abou Coulibaly : 63 77 02 50, coulou2005@gmail.com

Résumé

Au Mali, le changement climatique et les mutations des biotopes entraînent le déclin de nombreuses espèces animales et végétales. Pour trouver une solution à ces menaces, il est nécessaire de connaître les relations des fourmis avec l'environnement. Les fourmis ont une forte influence sur l'écosystème et permettent d'évaluer le niveau de conservation de la biodiversité. Pour cela, les fourmis ont été observées et les caractéristiques des fourmilières déterminées à Katibougou. La distance parcourue pour la recherche de nourriture par les fourmis est fonction de la disponibilité et de la quantité. Le trempage des grains est bénéfique car les fourmis ont une préférence à 80% pour les grains de sorgho non trempés. Ces grains de sorgho emportés sont enfouis majoritairement à 30 cm de profondeur. Sur les monticules des fourmilières sont présents les grains des espèces herbacées sauvages suivantes : *Ipomea triloba*, *Dactylocetenium egyptium*, *Portulaca oleracea* et *Ipomea* sp. La densité moyenne est de 60 entrées de fourmilières par hectare. Cette densité des fourmilières et la taille des monticules sont fonctions des formations végétales. Les monticules des entrées des fourmilières couvrent 3,48% de la surface cultivée des parcelles de sorgho. Ces informations serviront dans les projets du secteur de l'agriculture et pour la valorisation et la conservation de la biodiversité dans un contexte de changement climatique.

Mots clés : Changement Climatique, biodiversité, agriculture, fourmilières, Pheidole.

Abstract

In Mali, climate change and changes in biotopes are causing the decline of many animal and plant species. To find a solution to these threats, it is necessary to know the relationship of ants with the environment. Because ants have a strong influence on the ecosystem and make it possible to assess the level of biodiversity conservation. Hence, ants were observed and the characteristics of the anthills determined in Katibougou. The distance traveled for foraging by ants depends on availability and quantity. Seeds hydro-priming has a benefit since ants have an 80% preference for unsoaked sorghum grains. These sorghum grains are mostly buried at a depth of 30 cm. Herbaceous species (*Ipomea triloba*, *Dactylocetenium egyptium*, *Portulaca oleracea* and *Ipomea* sp) seeds are present on the mounds. Anthills density is 60 entrances per hectare. This density of anthills and the size of the mounds depend on the plant formations. The mounds of the entrances to the anthills cover 3.48% of the cultivated area of the sorghum plots. This information will be used in agricultural projects and for the enhancement and conservation of biodiversity in this context of climate change.

Keywords: Climate Change, biodiversity, agriculture, anthill, Pheidole.

1. Introduction

Le Mali a une économie basée sur l'agriculture qui occupe environ 80% de la population active et contribue pour 2,9% à la croissance du Produit Intérieur Brut (PIB) (INSTAT, 2016). Cette agriculture peu performante, exerce sur l'environnement une pression de plus en plus insoutenable (INSTAT, 2017). La valorisation de la biodiversité contribuera à mieux gérer d'une manière intégrée les forêts, le sol et les organismes vivants (Kombélé et Ngama, 1995; Konaté et Linsenmair, 2010). En matière de biodiversité, les insectes ont une forte influence sur l'écosystème et permettent d'évaluer le niveau de conservation de celle-ci (Konaté et Kampmann, 2010). Entre les tropiques, les animaux les plus nombreux sont les fourmis (Ordre: Hymenoptera / Famille: Formicidae) et les termites (Ordre: Isoptera / Famille: Termitidae) (Jouquet et *al.*, 2002).

Dans ces sociétés d'insectes, les ressources sont déplacées vers le nid et entre les individus qui y vivent (Ellis et *al.*, 2014 ; Handel et Beattie, 1990). Le transport et l'enfouissement des grains dans les nids par les fourmis sont les principaux avantages de la myrmécochorie (Renard et *al.*, 2010). La myrmécochorie qui est la dispersion des grains par les fourmis se rencontre dans un large éventail d'habitats et de taxons de plantes (Beattie, 1983; Beattie et Culver, 1982; Davidson et Morton 1981). Selon Rissing, 1986, les graines de plusieurs plantes attirent les fourmis qui les dispersent dans des sites propices pour la germination et la croissance. Ainsi, dans une étude de fourmis récolteuses, il a constaté une augmentation de 7,6 fois de graines viables récoltées par celles-ci dans les tas de déchets entourant les entrées de fourmilières par rapport à l'alentour.

De plus, la dispersion réduit la concurrence entre les plantes apparentées tandis que l'enterrement protège les semences contre le feu ou contre les animaux granivores) et fournit des microsites favorables à la germination (Boyd, 2001 ; Macmahon et *al.* 2000 ; Manzaneda et *al.*, 2005 ; Ohkawara et *al.*, 1997). Les fourmis peuvent donc affecter de manière significative la distribution et l'abondance des plantes dans la nature. Les fourmis protègent aussi les plantes en réduisant les insectes phytophages. Ce mutualisme se rencontre dans plus de 100 familles de plantes (Chamberlain et Holland, 2009 ; Heil et Mckey, 2003 ; Keeler, 2008 ; Rosumek et *al.*, 2009). En effet, la plus grande disponibilité de nourriture dans les forêts favorise le développement des colonies de fourmis coupeuses de feuilles du genre *Atta* et conduit à des densités de nidification très élevées (Cherrett, 1986 ; Van Gils et Vanderwoude, 2012).

Les activités des fourmis sur la structure du sol ont des répercussions sur l'agrégation et la porosité du sol donc sur les propriétés hydrauliques associées et la disponibilité de la matière organique du sol pour des microorganismes (Lavelle et *al.*, 1997 ; Jouquet et *al.*, 2004). En raison de leurs activités alimentaires, de la taille et de la longévité de leurs nids, les fourmis améliorent la disponibilité des éléments nutritifs dans les sites de nidification grâce à l'accumulation de déchets (Wirth et *al.*, 2003; Rico-Gray et Oliveira, 2007; Farji-Brener et Tadey, 2009; Meyer et *al.*, 2013; Leal et *al.*, 2014). Pendant la construction et l'expansion du nid, les fourmis nettoient la végétation du sous-étage, recouvrent le sol de grandes quantités d'excavats et accumulent des déchets organiques (Farji-Brener et Medina, 2000). Les nids sont construits en fonction des exigences écologiques et par conséquent, leurs compositions varient (Echezona et Igwe, 2012).

Au Mali les données scientifiques sur l'utilisation des insectes sont insuffisantes (Dembélé et *al.*, 2006 ; Sagara, 2013 ; Sagara et *al.*, 2013). A part quelques cas comme l'apiculture, les

personnes travaillant dans le développement se sont peu intéressés au potentiel des insectes (Stads et Maiga, 2011 ; Teme et Tembely, 2006). Les liens entre gestion de l'environnement et populations d'insectes sont peu bien étudiés. Avant toute action de valorisation ou de destruction, il est important de connaître les actions des fourmis et fourmilières. C'est pour cette raison que la présente étude a pour objectif de fournir des informations sur certaines activités des fourmis et certaines caractéristiques des fourmilières.

2. Matériel et méthodes

2.1 Zone 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) qui est situé à 3,5 km de la ville de Koulikoro et à 70 km de Bamako. Les coordonnées géographiques sont : N 12°55' Nord; 7°33' Ouest, 326 m d'altitude.

Les principaux types de sols rencontrés dans le domaine de l'Institut sont : les sols ferrugineux, les sols peu évolués et les sols hydromorphes. Le climat de Katibougou est de type soudano-sahélien avec un cumul annuel de la pluviométrie oscillant entre 700 et 900 mm. La végétation naturelle du domaine de l'IPR/IFRA de Katibougou est essentiellement une savane arborée et arbustive par endroit (Camara et *al.*, 1986; Sogoba et Cissé, 2016). Du fait des besoins de production ou de recherche, plusieurs espèces végétales sont introduites dans le domaine de l'IPR/IFRA. Les terres exploitées sont divisées en Grandes parcelles (cultures vivrières et industrielles), Potager (cultures maraichères), Verger (agrumes et manguiers) et Galerie forestière artificielle (plantation de *Gmelina arborea*, de *Azadirachta indica*, d'*Eucalyptus camaldulensis*, arboretum, parcs agro-forestiers).

2.2 Choix des fourmilières

Les critères de sélection des fourmilières ont été la présence de fourmis du genre *Pheidole* à l'entrée du nid et le diamètre (diamètre supérieur ou égal à 100 cm) des monticules autour de l'entrée du nid. Les travaux ont été effectués dans les formations végétales suivantes : Grandes parcelles, Potager, Verger et Galeries forestières naturelles.

2.3 Estimation de la distance parcourue par les fourmis à la recherche de la nourriture

Les sentiers de recherche de nourriture par les fourmis ont été identifiés pour 6 fourmilières dans chacune des formations végétales. Ce sont les distances (trajet entre l'entrée du nid et la zone de prélèvement de la nourriture) parcourues par les fourmis à la recherche de la nourriture. Pour cela, le trajet parcouru par les fourmis de l'entrée de la fourmilière jusqu'à la source de nourriture a été mesuré (Lanan et Bronstein, 2013).

2.4 Détermination du nombre de grains de sorgho emportés en fonction de la durée de trempage

L'expérimentation a été effectuée sur 10 fourmilières le matin entre 6h et 8h et avec une température moyenne de 28,13°C dans les Grandes parcelles du domaine de l'IPR/IFRA. Pour cela, les grains de sorgho CSM63E ont été trempés dans de l'eau de robinet sans traitement spécial (Dembélé et *al.*, 2016). Le trempage des grains de sorgho a été le principal facteur étudié et a été pris à quatre niveaux de variation : les grains de sorgho non trempés constituant

le témoin (GNT), les grains de sorgho trempés pendant 6 heures (GT6), 8 heures (GT8) et 10 heures (GT10).

Chaque fourmilière a été divisée en quatre secteurs d'égales dimensions avec un dépôt de 50 grains de sorgho de même traitement sur le sol nu à une distance de 50 cm de l'entrée du nid. L'opération a été répétée quatre fois en tirant au sort la disposition des traitements. Le dispositif expérimental est donc une randomisation totale avec quatre traitements. Les nombres de grains de sorgho non récoltés ont été enregistrés par intervalle de 5 mn jusqu'à la fin de l'opération (40 min après dépôt des grains sur le sol, à la disposition des fourmis).

2.5 Détermination de la profondeur de stockage des grains de sorgho

L'intérieur des fourmilières a été fouillé pour mesurer les profondeurs d'enfouissement des grains par les fourmis. Au préalable, des grains de sorgho ont été trempés dans de l'eau colorée pour les marquer. La procédure de marquage n'a apparemment eu aucun effet sur la réponse des fourmis (Levey et Byrne, 1993). Ces grains de sorgho marqués au nombre de 100 ont été déposés sur les monticules de terre à l'entrée de 6 fourmilières des Grandes parcelles. Après 24 heures, l'excavation des fourmilières a été effectuée sur une surface de 7850 cm² à des profondeurs de 30 cm, 60 cm et 90 cm. C'est une méthode similaire qui a été utilisée par Levey et Byrne en 1993 pour connaître le sort des grains à l'intérieur du nid. Les terres de fourmilières issues des différents niveaux ont été tamisées puis le nombre de grains compté et enregistré.

2.6 Inventaire des graines des espèces végétales dans les résidus des monticules des entrées des fourmilières

Les fourmis déposent des piles de déchets autour de l'entrée de leur nid. Le nombre et les espèces de grains contenus dans les débris de nidification ont été déterminés par essais de germination.

Les débris ont été collectés autour de quatre entrées de fourmilières dans les quatre formations végétales. Les échantillons de débris ont été prélevés sur une surface de 35 x 35 cm² et à une profondeur de 1 et 2 cm et mis dans des bocaux placés à l'air libre, à l'abri des insectes terricoles et des oiseaux. Ils ont été arrosés régulièrement jusqu'à la levée de toutes les plantes (Rissing, 1986 ; Hobbs, 1985). Les plants apparaissant ont été identifiés et comptés une fois tous les deux jours. La composition des espèces végétales sur les monticules et les zones avoisinantes a été déterminée.

2.7 Détermination de la densité et taille des monticules des fourmilières

Pour déterminer la densité des fourmilières, la méthode quadrat a été utilisée. Dans chacune des quatre formations végétales, trois quadrats (50 m x 50 m) ont été délimités par des piquets et le choix des quadrats a été aléatoire. Toutes les fourmilières des quadrats des quatre formations végétales ont été comptées et le diamètre de leur monticule mesuré (Li et *al.*, 2011).

Au moment des travaux, les Grandes parcelles avaient une partie en jachère (la culture antérieure était le sorgho) et une partie cultivée (en sorgho et en cotonnier).

2.8 Estimation de l'espace dénudé par les fourmis dans les Grandes parcelles

Les entrées des fourmilières sont généralement caractérisées par un monticule circulaire constitué de débris et de déblais rejetés par les fourmis. Dans les grandes parcelles de

l'IPR/IFRA de Katibougou, les rayons des monticules (espaces dénudés) de toutes les fourmilières ont été mesurés. Pour cela, la distance entre l'entrée de la fourmilière et le plant annuel le plus proche a été mesurée. La surface dénudée de chaque fourmilière a été calculée par la formule suivante : $S = \pi R^2$, R est le rayon

L'espace total dénudé par les fourmis dans les Grandes parcelles a été obtenu par la sommation des surfaces de toutes les fourmilières.

2.9 Traitement et analyse des données

Le logiciel Microsoft Excel 2007 avec XLSTAT 7.5 a été utilisé pour traiter et analyser les données. Les moyennes et les écart-types des distances parcourues, les nombres de grains de sorgho emportés, les profondeurs de stockage des grains de sorgho, les nombres de différentes espèces de plantes et les diamètres des monticules de débris et nombres de fourmilières ont été déterminés par ANOVA. Le test de Fisher a été utilisé pour établir s'il existe une différence significative entre ces paramètres dans les différentes formations végétales.

Les degrés de liaison existant entre la densité des fourmilières et les diamètres des monticules de débris des fourmilières ont été recherchés en calculant le coefficient de corrélation de rang de Spearman.

3. Résultats

3.1 Distance parcourue par les fourmis à la recherche de la nourriture

La distance moyenne parcourue par les fourmis à la recherche de la nourriture est de 1328,33 cm \pm 588,55 cm. La distance maximale (2331 cm) a été observée dans les Grandes Parcelles et la minimale (380 cm) dans les Galeries forestières naturelles. Il n'y a pas de différence significative entre les différentes distances parcourues par les fourmis dans les différentes formations végétales ($p=0,218$) (Tableau 1).

Tableau 1: Distance moyenne parcourue par les fourmis à la recherche de la nourriture dans les différentes formations végétales du domaine de Katibougou

Formations végétales	Distance moyenne (cm)	Ecart type
Grandes Parcelles	1557,91	560,74
Verger	1309,25	546,25
Potager	1045,00	584,03
Galeries forestières naturelles	942,00	588,14

Intervalle de confiance à 95,00 %

3.2 Etats préférés des grains de sorgho par les fourmis

En 5 mn, le nombre moyen de grains récoltés par les fourmis est 9,08 \pm 6,91. Les fourmis à 80,00% préfèrent récolter en première position les grains de sorgho non trempés. Le nombre minimum de grains récoltés est constaté au niveau des grains de sorgho trempés pendant 10 heures.

Ce sont les grains de sorgho non trempés qui sont les plus récoltés par les fourmis ($p=0,771$) (Tableau 2).

Tableau 2 : Nombres moyens de grains de sorgho récoltés par les fourmis en 5 mn à Katibougou

Etat des grains de sorgho	Nombre Moyen	Ecart type
Grains de sorgho non trempés-GNT	10,46	7,04
Grains de sorgho trempés pendant 6 heures-GT6	9,46	7,18
Grains de sorgho trempés pendant 8 heures-GT8	8,40	6,69
Grains de sorgho trempés pendant 10 heures-GT10	8,00	7,15

Intervalle de confiance à 95,00 %

En 10 mn, le nombre moyen de grains récoltés par les fourmis est de $14,21 \pm 7,11$. Le nombre moyen de grains de sorgho non trempés est le plus élevé avec $15,13 \pm 6,06$ grains récoltés. Le nombre moyen le plus petit est de $13,80 \pm 7,63$ grains de sorgho trempés pendant 8 heures. En 15 mn, le nombre moyen de grains récoltés par les fourmis est de $15,58 \pm 6,11$. Le nombre moyen ($16,40 \pm 5,46$) des grains de sorgho non trempés est le plus élevé. Ce sont les grains de sorgho trempés pendant 6 heures qui ont le nombre moyen ($15,20 \pm 6,61$) le plus petit. En 20, 25 et 30 mn, il n'y a pas de différence significative entre les grains de sorgho non trempés et trempés. Ce sont les grains de sorgho non trempés qui ont les nombres moyens les plus élevés. En 35 mn, les grains de sorgho trempés pendant 6 heures sont les plus récoltés par les fourmis. Statistiquement, il n'est apparu aucune différence significative entre les différents traitements.

En 40 mn d'exposition, tous les grains de sorgho sur les monticules de l'entrée des fourmilières sont récoltés.

3.3 Profondeur de stockage des grains de sorgho dans les fourmilières des Grandes parcelles

A 30 cm de profondeur, le nombre moyen de grains enfouis dans les fourmilières est de $34,00 \pm 7,93$, 24 heures après la récolte. Les nombres moyens de grains de sorgho des 3 profondeurs d'enfouissement sont en 3 groupes homogènes ($p=0,004$) (Tableau 3).

Tableau 3 : Nombres moyens de grains de sorgho enfouis dans les fourmilières des Grandes parcelles (24H après la récolte)

Profondeur de stockage	Nombre Moyen	Ecart type	Regroupements
30 cm	34,00	7,93	A
60 cm	20,00	4,58	B
90 cm	8,66	2,51	C

Intervalle de confiance à 95,00 %

A l'excavation des fourmilières, en moyenne 62,66% des grains de sorgho colorés ont été récupérés.

3.4 Grains des espèces végétales sur les monticules des entrées de fourmilières

À Katibougou, les grains des quatre espèces de plantes herbacées présentes sur les monticules des entrées des fourmilières sont : *Ipomea triloba* (Linné), *Dactylocetenium egyptium* (Beauv), *Portulaca olarecea* (Linné) et *Ipomea* sp.

Les grains des quatre espèces de plantes herbacées sont plus présents sur les monticules des entrées des fourmilières situées dans les Grandes Parcelles et dans les Galeries forestières naturelles qu'au Potager et au Verger. La différence est significative ($p < 0,0001$) (Tableau 4).

Tableau 4 : Grains des plantes herbacées dans les piles de déchets des entrées de nids dans les différentes formations végétales à Katibougou

Monticules des entrées de nids des formations végétales	Nombre Moyen	Regroupements
Grandes Parcelles	15,12	A
Galeries forestières naturelles	8,43	B
Potager	3,12	C
Verger	2,50	C

Intervalle de confiance à 95,00 %

A Katibougou, le nombre moyen de grains de *I. triloba* présente sur les monticules des entrées des fourmilières est de $13,87 \pm 11,67$ et le nombre moyen de grains de *D. egyptium* est de $12,87 \pm 9,45$. Les grains de *I. triloba* et *D. egyptium* sont plus fréquents que les autres espèces *P. olarecea* et *Ipomea* sp. sur les monticules des entrées des fourmilières dans les différentes formations végétales. Les grains de *P. olarecea* et *Ipomea* sp. sont absents sur les monticules des entrées des fourmilières du potager.

3.5 Densité et taille des monticules des fourmilières

La densité moyenne est de $60,50 \pm 30,03$ entrées de fourmilières par hectare. Dans la partie cultivée (cotonnier et sorgho) des Grandes parcelles, la densité est de 88 entrées de fourmilières par hectare. La partie en jachère des Grandes parcelles a une densité de 82 entrées de fourmilières par hectare. Au Potager, la densité est de 48 entrées de fourmilières par hectare. La densité est de 24 entrées de fourmilières par hectare dans les Galeries forestières naturelles.

Le diamètre moyen des monticules de l'entrée des fourmilières est de $99,28 \pm 54,25$ cm. C'est dans la partie cultivée des Grandes parcelles que les monticules de l'entrée des fourmilières ont le diamètre moyen le plus élevé ($122,18 \pm 49,12$ cm). Le plus grand diamètre de monticule de l'entrée des fourmilières est de 250 cm et est situé au Potager.

Par rapport aux diamètres moyens des monticules de l'ouverture des nids de fourmilière, il y a 2 groupes homogènes (Tableau 5).

La corrélation n'est pas significative entre la densité des fourmilières et les diamètres des monticules de débris des fourmilières (Test de corrélation de Spearman : au seuil de signification $\text{Alpha} = 0,050$, p-value bilatérale = 0,1365).

Tableau 5: Diamètres moyens des monticules de l'entrée des fourmilières à Katibougou

Monticules de l'entrée des fourmilières dans les formations végétales	Diamètres moyen	Ecart type	Regroupements
Partie des Grandes parcelles cultivée	122,18	49,12	A
Galeries forestières naturelles	100,00	52,34	A B
Potager	97,50	62,24	A B
Partie des Grandes parcelles en jachère	87,31	52,98	B
Verger	82,43	37,69	B

Intervalle de confiance à 95,00 %

3.6 Espace dénudé par les fourmis dans les Grandes parcelles

Dans les Grandes parcelles, les monticules des entrées des fourmilières sont dénudés par les fourmis. Cette surface dénudée des entrées des fourmilières est de 348,33 m² par hectare. Ainsi, 3,48% de la surface cultivée est dénudée par les fourmis.

4. Discussion

Les sentiers sont des chemins fixes empruntés principalement par les ouvriers qui transportent souvent des ressources (Ellis et Robinson, 2015). Le dépôt d'une phéromone par une ouvrière exploratrice revenant à son nid après avoir découvert une source de nourriture permet de recruter d'autres ouvrières qui vont emprunter la même piste pour se rendre à la source de nourriture et la renforcer lors de leur retour au nid (Dussutour et *al.*, 2004). Cette distance parcourue par les fourmis à la recherche de nourriture est fonction de la disponibilité et de la qualité de celle-ci (Ellis et *al.*, 2014). Ainsi par la disponibilité de nourriture, les trajets de recherche de nourriture par les fourmis sont plus longs dans les Grandes Parcelles que dans les autres formations végétales (Potager, Verger et Galeries forestières naturelles).

Les substances chimiques jouent un rôle de médiateur dans le comportement des fourmis vis-à-vis des aliments potentiels, et les lipides constituent l'attraction principale des interactions entre les fourmis et les diaspores des espèces myrmécochoriques (Brew et *al.*, 1989). Les fourmis ont récolté plus de grains de sorgho non trempés que de grains de sorgho trempés. Cela est due au fait que le trempage des grains de sorgho augmente la teneur en polyphénols (Dewar et Orovan, 1997 ; Beta et *al.*, 1999) qui sont capables de protéger les grains contre les attaques fongiques, les insectes et les oiseaux (Earp et *al.*, 1981 ; Serna-Saldivar et Rooney, 1995). Dans la mise au point de technologies d'adaptation de l'agriculture au changement climatique, en 2016, Dembélé et collègues avaient signalé que le trempage des grains améliore le taux de germination et la croissance du Sorgho à Cinzana au Mali. Sur les monticules de l'entrée des fourmilières, tous les grains de sorgho sont récoltés en 40 mn d'exposition. Les fourmis granivores collectent et transportent un grand nombre de graines des graminées et des plantes herbacées annuelles (Hobbs et Mooney, 1985). Ces fourmis granivores dispersent souvent les grains vers des «sites sûrs» pour la germination et la croissance (Handel et Beattie, 1990). Le transport des grains par les fourmis dans des microsites favorables est considéré comme l'un des principaux avantages de la myrmécochorie (Renard et *al.*, 2010).

Le devenir des semences de plantes myrmécochores dépend souvent de l'endroit où les fourmis se débarrassent des grains après le transport initial (Zelikova et Breed, 2008 ; Bas et *al.*, 2009). Dans les Grandes Parcelles, les grains de sorgho sont enfouis à des profondeurs qui ne permettent pas la germination. Car les profondeurs d'enfouissement des grains de sorgho excèdent la profondeur maximale d'enfouissement permettant la germination. Ainsi, les grains de Manihot enfouis dans des nids à des profondeurs entre 14 et 40 cm ne permettent pas l'émergence des plantules (Renard et *al.*, 2010).

Un cercle autour du nid marque la limite où sont rejetées les graines non consommées ou les graines à élaosome consommées par fourmis moissonneuses. Ce qui contribue à sa dissémination (Lenoir, 2012). A Katibougou, les graines obtenues dans les piles de déchets sont des graines d'herbacées. Ce sont les graines de *Dactylocetenium egyptium* et d'*Ipomea*

triloba qui sont plus présentes que les graines d'*Ipomea sp* et de *Portulaca olarecea* sur les monticules des entrées des fourmilières. La fréquence des espèces de graines d'herbacées dans les piles de déchets des fourmilières est relative avec la fréquence des espèces d'herbes dans les espaces voisins. L'établissement naturel des plantules sur les monticules montre plutôt une corrélation avec la fréquence de présence des espèces dans les espaces voisins des monticules (Reader et Buck, 1991).

Les graines de quatre espèces de plantes herbacées sont présentes sur les monticules des entrées des fourmilières dans les Grandes Parcelles. Car la densité des plantes et la composition des espèces d'herbes sur les monticules diffèrent nettement des zones de culture, les abondances relatives des espèces étant similaires à celles trouvées sur les monticules de gopher (Reader et Buck, 1991).

La densité des fourmilières est fonction des formations végétales à Katibougou. Ainsi, la distribution des fourmilières est régulée par des facteurs environnementaux tels que la végétation, les prédateurs, le sol et le climat (Van Gils et Vanderwoude, 2012). En plus, l'accès aux ressources est susceptible d'affecter la répartition des fourmilières dans l'environnement (Albuquerque et al., 2005 ; Van Wilgenburg et Elgar, 2007 ; Mcglynn, 2012). La densité des fourmilières est plus élevée dans les Grandes parcelles que dans les autres formations végétales. La densité de nidification des fourmis est surtout étroitement associée à la teneur en limon, à la matière organique et l'azote du sol, à l'humidité et la température (Li et al., 2011). En plus dans les Galeries forestières naturelles et au Verger, la densité des plantes affecte la disposition spatiale des nids de fourmis (Lanan et Bronstein, 2013).

C'est dans la partie cultivée des Grandes parcelles que les fourmilières ont de grands monticules. La taille des monticules de débris de l'entrée des fourmilières indique l'intensité des activités des fourmis et est liée à l'accès aux ressources (Ellis et al., 2014).

La culture du sorgho occupe la majeure partie des Grandes Parcelles et 3,48% de cette surface est dénudée par les fourmis et la présence des fourmilières. Ces surfaces des monticules de fourmilières nues et exemptes de toute végétation sont causées par les activités d'excavation de certaines espèces de fourmis qui affectent la zone racinaire des plantes (Farji-Brener et Medina, 2000) ou par l'inaccessibilité des racines des semis aux nutriments (Moutinho et al., 2003 ; Saha et al., 2012). Une autre possibilité est la défoliation par les fourmis (Vasconcelos et Cherrett, 1997 ; Garrettson et al., 1998).

5. Conclusion

Cette étude montre que les activités des fourmis du genre *Pheidole* sont liées aux conditions climatiques du milieu. Ainsi pour la recherche de nourriture, les distances parcourues par les fourmis sont variables et dépendent de la disponibilité de la végétation herbacée qui est soumise à des contraintes. Les grains de sorgho trempés sont moins prélevés par les fourmis. Le trempage des grains de sorgho permet d'augmenter la production et la productivité agricoles et de lutter contre le changement climatique. Les fourmis enfouissent les grains de sorgho à des profondeurs qui ne permettent pas la germination. Les grains rencontrés dans les débris des monticules des fourmilières sont ceux des espèces communes dans la zone. Il s'agit de ce qui suit : *Ipomea triloba* (Linné), *Dactylocetenium egyptium* (Beauv), *Portulaca olarecea* (Linné) et *Ipomea sp*. Elles ne constituent aucun danger particulier pour l'agriculture ou l'environnement. La végétation a une influence sur la densité des fourmilières. Une perte

de 3,48% de la surface cultivée est causée par les fourmis et la présence des nids dans les parcelles de sorgho.

Des études méritent d'être menées pour élucider entre autres l'impact positif des fourmis sur les propriétés du sol et sur la production agricole. A ce stade, les informations obtenues méritent d'être prises en compte dans les programmes et projets visant d'une part l'amélioration des performances de l'agriculture dans ce contexte de changement climatique et d'autre part pour la valorisation et la conservation de la biodiversité agricole.

Remerciements

Cette étude a bénéficié des apports financiers de l'Institut Polytechnique Rural de Formation et de Recherche Appliquée (IPR/IFRA) à travers le fonds pour la formation des formateurs.

Références

- Albuquerque E Z, Diehl-Fleig E et Diehl E. 2005: Density and distribution of nests of *Mycetophylax simplex* (Emery) (Hymenoptera, Formicidae) in areas with mobile dunes on the northern coast of Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 49, 123–126
- Bas J M, Oliveras J et Gomez C. 2009: Myrmecochory and short-term seed fate in *Rhamnus alaternus*: Ant species and seed characteristics. *Acta Oecologica*, 35: 380–384.
- Beattie A J et Culver D C. 1982: Inhumation: how ants and other invertebrates help seeds. *Nature* 297:627
- Beattie A J. 1983: Distribution of ant-dispersed plants. *Sonderbd naturwiss Ver Hamburg* 7:249–270
- Beta T, Corke H, Taylor J R N et Rooney L W. 1999: Effect of steeping treatment on pasting and thermal properties of sorghum starches. *Cereal Chem.*, 78(3), 303-306.
- Boyd R S. 2001: Ecological benefits of myrmecochory for the endangered chaparral shrub *Fremontodendron decumbens* (Sterculiaceae). *American Journal of Botany*, 99: 234–241
- Brew C R, O'dowd D J et Rae I D. 1989: Seed dispersal by ants: behaviour-releasing compounds in elaiosomes. *Oecologia* 80:490–497
- Camara M M, Cissé O et Coulibaly M T. 1986 : *Projet d'aménagement de la zone d'application forestière de l'IPR*. Rapport de fin d'études. IPR de Katibougou. 27 pages.
- Chamberlain S A et Holland J N. 2009: Quantitative synthesis of context dependency in ant-plant protection mutualisms. *Ecology*, 90, 2384–2393.
- Cherrett J M. 1986: History of the leaf-cutter ant problem. Pp. 10–17 in Lofgren C S & VanderMeer R K (eds.). *Fire ants and leaf-cutter ants: biology and management*. Westview Press, Boulder
- Davidson D W et Morton S R. 1981: Myrmecochory in some plants (F. Chenopodiaceae) of the Australian arid zone. *Oecologia* (Berl) 50:357–366

Dembélé S, Bretaudeau A, Koïta O et Niang M. 2006: *Les biotechnologies dans la recherche agricole* [en Powerpoint: 63 diapositives]. SRAMA, 1^e édition, Bamako/Mali.

Dembélé S., Zougmore R, Coulibaly A, Tetteh J.P., Lamers J.P.A. 2016: Accelerating seed germination and seedling development of (*Sorghum bicolor* L. Moench) through hydro-priming in Zest Africa. Poster – International climate change and population conference on Africa, 19 – 22 July 2016 - University of Ghana - Accra Ghana

Dewar J et Orovan E. 1997: Effect of alkaline steeping on water uptake and malt quality in sorghum. *J. Inst. Brew.*, 103, 283-285.

Dussutour A, Fourcassie V, Deneubourg J L et Helbing D. 2004: *La régulation du trafic chez les fourmis : un bon équilibre entre conflit et coopération*. CNRS--Communiqués de presse. [En ligne]. Adresse URL : <http://www2.cnrs.fr/presse/communiqué/432.htm?theme=7> (Page consultée le 06/12/2018).

Earp C F, Akingbala J O, Ring S H et Rooney L W. 1981: Evaluation of several methods to determine tannins in sorghums with varying kernel characteristics. *Cereal Chem.*, 58, 234-238.

Echezona B C et Igwe C A. 2012: Stabilities of ant nests and their adjacent soils. *Int. Agrophys.*, 2012, 26, 355-363. doi: 10.2478/v10247-012-0050-6

Ellis S et Robinson E J H. 2015: The role of non-foraging nests in polydomous wood ant colonies. *PLoS ONE*, 10, e0138321. doi:10.1371/ journal.pone.0138321

Ellis S, Franks D W et Robinson E J H. 2014: Resource redistribution in polydomous ant nest networks: local or global? *Behavioral Ecology*, 25(5), 1183–1191. doi:10.1093 /beheco/aru108

Farji-Brener A G et Medina C. 2000: The importance of where to dump the refuse: seed banks and fine roots in nests of the leaf-cutting ants *Atta cephalotes* and *Atta colombica*. *Biotropica*, 32, 120–126.

Farji-Brener A G et Tadey M. 2009: Contributions of leaf-cutting ants to soil fertility: causes and consequences. *Soil Fertility* (ed. by D. P. Lucero and J. E. Boggs), Chapter 6, pp. 81–91. Nova Science Publishers, New York, New York

Garrettson M, Stetzel J F, Halpern B S, Hearn D J, Lucey B T et Mckone M J. 1998: 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*, 14, 17–26.

Handel S N et Beattie A J. 1990: Seed dispersal by ants. *Sci Am* 263:76–83A

Heil M et McKey D. 2003: Protective ant-plant interactions as model systems in ecological and evolutionary research. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 34:425–453

Hobbs R J et Mooney H A. 1985: Community and population dynamics of serpentine grassland annuals in relation to gopher disturbance. *Oecologia* 67:342–351

Hobbs R J. 1985: Harvest ant foraging and plant species distribution in annual grassland. *Oecologia* 67:519–523.

INSTAT (Institut National de la Statistique). 2016: *Evolution de la contribution du secteur Agricole à la croissance du PIB*. Rapport

INSTAT (Institut National de la Statistique). 2017: *Evolution de la contribution du secteur Agricole à la croissance du PIB*. Rapport

Jouquet P, Boulain N, Gignoux J et Lepage M. 2004: Association between subterranean termites and grasses in a West African savanna: spatial pattern analysis shows a significant role for *Odontotermes n. pauperans*. *Appl. Soil Ecol.* 97, 99–107.

Jouquet P, Lepage M et Velde B. 2002: Termite soil preferences and particles selections: strategies related to ecological requirements. *Insect Soc.*, 49, 1-7.

Keeler K H. 2008: *World list of angiosperms with extrafloral nectaries*. University of Nebraska, Lincoln

Kombe B M et Ngama B. 1995 : Utilisation des sols de termitières et de paille sèche d'arachide comme fertilisants en cultures maraichères à Yangambi (Zaïre). *Cahiers Agricultures* ; 4 : 125-8.

Konaté S et Kampmann D. 2010: *Atlas de la Biodiversité de l'Afrique de L'Ouest*. Tome III : Côte d'Ivoire. Abidjan et Frankfurt/Main.

Konaté S et Linsenmair K E. 2010: *Diversité biologique de l'Afrique de l'Ouest : importance, menaces et valorisation*. Pages 14 -32 in Sinsin B et Kampmann (Eds): Atlas de la biodiversité de l'Afrique de l'Ouest, Tome I : Bénin, Cotonou & Frankfurt/Main.

Lanan M C et Bronstein J L. 2013: An ant's-eye view of an ant-plant protection mutualism. *Oecologia* 172:779–790. DOI 10.1007/s00442-012-2528-0

Lavelle P, Bignell D, Lepage M, Wolters V, Roger P, Ineson P, Heal O W et Dhillion S. 1997: Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil Biol.* 33, 159–193

Leal I, Wirth R et Tabarelli M. 2014: The multiple impacts of leafcutting ants and their novel ecological role in human-modified neotropical forests. *Biotropica*, 46, 516–528

Lenoir A. 2012: *Les plantes et les fourmis*. IRBI, Université François Rabelais. Tours. 11p

Levey D J et Byrne M M. 1993: Complex ant-plant interactions: rain forest ants as secondary dispersers and post-dispersal seed predators. *Ecology* 74:1802–1812

Li X R, JIA R L, Chen Y W, Huang L et Zhang P. 2011: Association of ant nests with successional stages of biological soil crusts in the Tengger Desert, Northern China. *Applied Soil Ecology*, 47(1), 59-66.

- Macmahon J A, Mull J F et Crist T O. 2000: Harvester ants (*Pogonomyrmex* spp.): Their community and ecosystem influences. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31: 265–291.
- Manzaneda A J, Fedriani J M et Rey P J. 2005: Adaptive advantages of myrmecochory: The predator-avoidance hypothesis tested over a wide geographic range. *Ecography*, 28: 583–592
- Mcglynn T P. 2012: The ecology of nest movement in social insects. *Annual Review of Entomology*, 57, 291–308. doi:10.1146/annurev-ento-120710-100708
- Meyer S T, Neubauer M, Sayer E J, Leal I R, Tabarelli M et Wirth R, 2013. Leaf-cutting ants as ecosystem engineers: topsoil and litter perturbations around *Atta cephalotes* nests reduce nutrient availability. *Ecological Entomology*, 38, 497–504
- Moutinho P, Nepstad D et Davidson E. 2003: Influence of leaf-cutting ant nests on secondary forest growth and soil properties in Amazonia. *Ecology*, 84, 1265–1276.
- Ohkawara K, Ohara M et Higashi S. 1997: The evolution of ant-dispersal in a spring-ephemeral *Corydalis ambigua* (Papaveraceae): Timing of seed-fall and effects of ants and ground beetles. *Ecography*, 20: 217–223
- Reader R J et Buck J. 1991: *Control of seedling density on disturbed ground: role of seedling establishment for some midsuccessional, old-field species*. *Revue canadienne de botanique*, 69(4): 773-777, DOI 10.1139/b91-100
- Renard D, Schatz B et Mckey D B. 2010: Ant Nest Architecture and Seed Burial Depth: Implications for Seed Fate and Germination Success in a *Myrmecochorous Savanna* Shrub. *Ecoscience*, 17(2):194-202.
- Rico-Gray V et Oliveira A T. 2007: *The ecology and evolution of ant-plant interactions*. University of Chicago Press, Chicago
- Rissing S W. 1986: Indirect effects of granivory by harvester ants: plant species composition and reproductive increase near ant nests. *Oecologia*, 68(2), 231-234.
- Rosumek F B, Silveira F A O, Neves F, Barbosa N P, Diniz L, Oki Y, Pezzini F,
- Fernandes G W et Cornelissen T. 2009 : Ants on plants: a meta-analysis of the role of ants as plant biotic defenses. *Oecologia*, 160, 537–549.
- Sagara B, Coulibaly A, Koita M, Hamadoun A, Kone T, Koita O et Deme M. 2013 : Insectes utilisés traditionnellement au Mali. *Revue Malienne de Science et de Technologie* N°15, p253-266
- Sagara B. 2013 : *Etude diagnostique sur les insectes utiles au Mali et caractérisation d'Imbrasia sp. (Lepidoptera : Saturniidae) dans le cercle de Diéma*. Doctorat en Entomologie. ISFRA Mali/Bamako.
- Saha A, Carvalho K, Sternberg L et Moutinho P. 2012: Effect of leaf-cutting ant nests on plant growth in an oligotrophic Amazon rain Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 28, 263–270

Serna-Saldívar S et Rooney L W. 1995: Structure and chemistry of sorghum and millets. *In*: Dendy D.A.V., ed. *Sorghum and millets: chemistry and technology*. St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists, 69-124.

Sogoba M et Cisse A A. 2016: *Contribution à la cartographie de quelques unités de production de l'exploitation et de la cour de l'Institut IPR/IFRA Katibougou*, Rapport de Fin de Cycle. IPR/IFRA de Katibougou

Stads G J et Maiga A. 2011 : *Mali : évaluation de la recherche agricole*. ASTI/IER Pdf 8 pages

Teme B et Tembely S. 2006: *Etat des lieux sur la recherche agricole au Mali* [en Powerpoint: 144 diapositives]. SRAMA, 1^{ère} édition, Bamako/Mali

Van Gils H A J A et Vanderwoude C. 2012: Leafcutter Ant (*Atta sexdens*) (Hymenoptera: Formicidae) Nest Distribution Responds to Canopy Removal and Changes in Micro-Climature in the Southern Colombian Amazon. *Florida Entomologist*, 95(4):914-921.

Van Wilgenburg E et Elgar M A. 2007: Colony structure and spatial distribution of food resources in the polydomous meat ant *Iridomyrmex pupureus*. *Insectes Sociaux*, 54, 5–10.

Vasconcelos H L et Cherrett J M. 1997: Leaf-cutter ants and early forest regeneration in central Amazonia: effects of herbivory on tree seedling establishment. *Journal of Tropical Ecology* 13:357–370.

Wirth R, Herz H, Rye L, Beyschlag W et Hölldobler B. 2003: *Herbivory of Leaf-Cutting Ants*. Springer-Verlag, Berlin, Germany

Zelikova T J et Breed M T. 2008: Effects of habitat disturbance on ant community composition and seed dispersal by ants in a tropical dry forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 24: 309–316.