

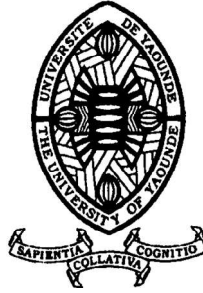
REPUBLIQUE DU CAMEROUN

*Paix – Travail – Patrie*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITE DE YAOUNDE I  
ECOLE NORMALE SUPERIEURE  
DEPARTEMENT DE Sciences biologiques

\*\*\*\*\*



REPUBLIC OF CAMEROUN

*Peace – Work – Fatherland*

\*\*\*\*\*

UNIVERSITY OF YAOUNDE I  
HIGHER TEACHER TRAINING COLLEGE  
DEPARTMENT OF Biology

\*\*\*\*\*

## **Biodiversite des insectes pollinisateurs et leur activite de butinage sur les fleurs de theobroma cacao L. (malvaceae) a Nkolbisson (Yaoundé)**

Mémoire redige en vue de l'obtention du D.I.P.E.S II

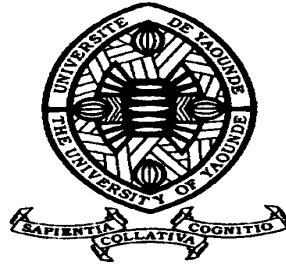
Par :

**MBALLA Felix**  
**Licencie en Biologie et Physiologie animale**

Sous la direction  
**TAMESSE Joseph Lebel**  
Professeur

Année Académique  
2015-2016





## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire de Yaoundé I. Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [biblio.centrale.uyi@gmail.com](mailto:biblio.centrale.uyi@gmail.com)

## WARNING

This document is the fruit of an intense hard work defended and accepted before a jury and made available to the entire University of Yaounde I community. All intellectual property rights are reserved to the author. This implies proper citation and referencing when using this document.

On the other hand, any unlawful act, plagiarism, unauthorized duplication will lead to Penal pursuits.

Contact: [biblio.centrale.uyi@gmail.com](mailto:biblio.centrale.uyi@gmail.com)

## **DEDICACE**

A mon père EKANI Pierre ;

A ma mère MENYE Séraphine.

## **REMERCIEMENTS**

Il m'est agréable de remercier vivement le Pr Joseph Lebel TAMESSE, Entomologiste Professeur à l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé qui a accepté de superviser ce mémoire

J'exprime également ma gratitude :

- au Dr Leila BAGNY BEILHE (Chargé de Recherche au CIRAD) pour sa rigueur scientifique et son soutien multiforme ;
- au Dr DOUNIA, Entomologiste Agricole (insectes pollinisateurs), Chargé de Cours à l'Ecole Normale Supérieure de Yaoundé pour le suivi permanent et l'intérêt particulier qu'il a toujours porté à la réalisation de ce mémoire. Sa disponibilité constante et sa rigueur scientifique m'ont été d'un grand apport ;
- à Stéphanie NAKAM qui nous a permis d'identifier les espèces récoltées ;
- à tous les Enseignants de l'Université Yaoundé I qui ont contribué à ma formation académique ;
- à mes frères ESSAMA, MENOUGA, NDZANA ;
- à mes sœurs BELOMO, EBENE, BILEGUE ;
- à tous mes camarades de promotion KAKBE, ONANA NGONO, NGUINE MAKOLLO, WANGNAMOU ;
- à tous ceux qui m'ont assisté moralement, financièrement pour la réussite de ce travail.

## Sommaire

DEDICACE.....	i
REMERCIEMENTS.....	ii
Sommaire.....	iii
ABSTRACT.....	vi
ABREVIATIONS.....	vii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I :.....	4
REVUE DE LA LITTERATURE.....	4
I.1. Pollinisation et productions végétales.....	5
I.2. Caractéristiques des insectes pollinisateurs.....	6
I.2.1. Hyménoptères.....	6
I.2.2. Diptères.....	7
I.2.3. Coléoptères.....	7
I.2.4. Lépidoptères.....	8
I.3. <i>Theobroma cacao</i> .....	8
I.3.1. Généralités.....	8
I.3.2. Morphologie.....	9
I.3.3. Position systématique.....	10
I.3.4. Usage et importance du cacao.....	10
I.4. Relations insectes floricoles – <i>Theobroma cacao</i> .....	11
CHAPITRE II :.....	12
MATERIEL ET METHODES.....	12
II.1. Site d'étude.....	13
II.1.1. Aperçu climatique et végétale de la Région du Centre.....	13

II.2. Station d'étude et matériel biologique .....	14
II.2.1. Station d'étude.....	14
II.2.2. Matériel végétal.....	18
II.2.3. Matériel animal .....	18
II.2.4. Matériel technique .....	18
II.3. Méthode.....	19
II.3.1. Préparation de la parcelle expérimentale .....	19
II.3.2. Influence de pollinisation sur la fructification de <i>Theobroma cacao</i> .....	20
II.3.3. Détermination de la place des insectes dans l'entomofaune floricole de <i>Theobroma cacao</i> ....	21
II.3.4. Produits floraux récoltés .....	22
II.4. Etho-écologie de butinage.....	22
II.4.1. Ethologie.....	22
II.4.2. Ecologie.....	22
II.4.2.1. Effet de l'interaction entre les insectes visiteurs.....	22
II.4.2.2. Influence de quelques facteurs climatiques.....	22
II.5. Évaluation de l'impact des insectes sur la pollinisation de <i>Theobroma cacao</i> .....	23
II.6. Evaluation de l'impact des insectes sur les rendements de <i>Theobroma cacao</i> .....	23
II.7. Capture et détermination des insectes floricoles .....	24
II.8. Traitement des données .....	24
CHAPITRE III :.....	25
RESULTATS ET DISCUSSION.....	25
III.1. Entomofaune floricole de <i>Theobroma cacao</i> .....	26
III.1.1. Parcelle expérimentale.....	26
III.1.2. Parcelle avec pseudo-troncs .....	26
III.1.3. Parcelle sans pseudo-troncs.....	27
III.1.3. Effet d'ajout des pseudo-troncs sur les familles d'insectes.....	28
III.2. Activité des insectes sur les fleurs de <i>Theobroma cacao</i> .....	29

III.2.1. Aliments récoltés .....	29
III.2.2. Fréquence journalière des visites .....	30
III.3. Etho-écologie de butinage .....	31
III.3.1. Ethologie .....	31
III.3.2. Ecologie .....	32
III.4. Effet d'ajout des pseudo-troncs sur l'indice des fructifications de <i>Theobroma cacao</i> .....	33
CHAPITRE IV : .....	34
IMPLICATION DIDACTIQUE .....	34
IV.1. Notion de didactique et de pédagogie .....	35
CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....	36
BIBLIOGRAPHIE .....	36

## ABSTRACT

At Nkolbisson (Yaoundé, Cameroon) in 2015, during the short raining season (march-june) and short dry season (july-august), *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) flowers were observed. The study of foraging behavior of insects and determining of their impact on the yields of pods realised.

For this plant species, four blocks were determined from the presence banana pseudostems and for each block two different treatment were made by the presence or absence of insect protection. The activity of foraging and pollination by ants was evaluated. fruiting rate, the number of seeds per fruit and the percentage of normal seeds (well developed) were evaluated.

11 families species recorded on *Theobroma cacao* flowers, Formicidae, Milichidae Aphididae and occupy the 1st, 2nd and 3rd rows with 51.25%, 11.25% and 10.00% of 80 visits respectively. Formicidae attending *Theobroma cacao* to collect nectar and pollen. The average length of a flower tour from 1 to 5 min.

Comparing the performance of the flowers left open-pollinated (in treatments with pseudostems) than free flowers (in treatments without pseudostems), it appeared that anthophilous insects have a positive impact on the fruiting of *Theobroma cacao* from 10% to 55%.

Furthermore, treatment with chemical pesticides should be avoided during the flowering period of the plant studied, so as not to threaten pollinators. If the fight against pests is essential, it is recommended to use integrated pest management, including protection Apoidea and other pollinating insects.

**Keywords:** Formicidae, *Theobroma cacao*, nectar, pollen, pollination, yield.



## **ABREVIATIONS**

<i>n</i> :	effectif de l'échantillon
<i>m</i> :	Moyenne
<i>s</i>	: écart-type estimé
<i>mini</i> :	Minimum
<i>maxi</i>	: Maximum
<i>ddl</i> :	degrés de liberté
<i>p</i>	: Pourcentage du taux de fructification
IRAD :	Institut de Recherche Agricole pour le Développement
CIRAD :	Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Jeunes fruits ou chérelles (A) et cabosse du Cacaoyer (B)(GIDOIN2013) .....	10
Figure 2. Diagramme ombrothermique de Yaoundé selon la méthode de Walter & Lieth en 1964.....	13
Figure 3. Carte présentant la Région du Centre (A), le département du Mfoundi (B) localisant Nkolbisson dans l'Arrondissement de Yaoundé 7 (C) .....	14
Figure 4. Plan du terrain et disposition des cacaoyers dans la parcelle expérimentale. ....	17
Figure 5. Fleur (A) et plante (B) de <i>Theobroma cacao</i> L. (20X). ....	18
Figure 6. Matériels techniques .....	19
Figure 8. Branche de <i>Theobroma cacao</i> avec deux fleurs étiquetées et laissées en libre pollinisation.....	20
Figure 7. Pseudo-troncs de bananier disposés autour d'un pied de <i>Theobroma cacao</i> .....	20
Figure 9. Tronc de <i>Theobroma cacao</i> avec quatre fleurs isolées à l'aide de sachets en toile gaze .....	21
Figure 10. Dispositif expérimental des fleurs isolées.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 11. Thermohygromètre installé dans la litière (A) et accroché sur une branche (B) ...	23
Figure 12. Pourcentage des visites des différentes familles des insectes dans des parcelles expérimentales .....	26
Figure 13. Pourcentage des visites des différentes familles des insectes dans des parcelles avec pseudo-troncs .....	27
Figure 14. Pourcentage des visites dans la parcelle sans pseudo-troncs .....	27
Figure 15. Pourcentage de visites des insectes sur les fleurs de <i>Theobroma cacao</i> selon les tranches horaires journalières .....	31
Figure 16. Nombres d'insectes observés et durée de visites sur les fleurs en fonction du temps .....	32

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Produits floraux récoltés par les insectes sur les fleurs de <i>Theobroma cacao</i> .....	29
Tableau 2. Nombre de visite des pollinisateurs sur les fleurs de <i>Theobroma cacao</i> selon les tranches horaires journalières .....	30
Tableau 3. Taux de fructification selon les traitements au pseudo-troncs de bananier ou non de <i>Theobroma cacao</i> à Nkolbisson. ....	33

## **INTRODUCTION GENERALE**

Les insectes jouent un rôle important en agronomie (Jacob-Remacle 1990). Au cours de la croissance des plantes cultivées ou spontanées, divers organes sont visités par les insectes. La visite d'un type d'organe donné est sans doute liée à l'élément recherché par l'insecte.

Lors de leur activité de butinage, les insectes assurent souvent la pollinisation des fleurs visitées (Vaissière & Izard 1995, Tchuenguem *et al.* 2007, 2008). Une pollinisation efficace est suivie d'une bonne fructification ou d'une forte production de graines (Guerriat, 1996). Elle permet d'obtenir de nombreuses graines, une forme et un calibre adéquat des fruits (Jean-Prost 1987, Jacob-Remacle 1989). Les insectes et les fleurs se rendent des services mutuels dont le principal bénéficiaire est l'homme. De tels résultats sont salutaires pour le développement agricole dans les pays en voie de développement, plus singulièrement le Cameroun dont l'économie repose essentiellement sur l'agriculture. Pourtant la carence d'insectes pollinisateurs au moment de la floraison peut entraîner une insuffisance des rendements en fruits et/ou en graines chez certaines cultures (Mc Gregor 1976).

En milieu naturel comme dans les agro écosystèmes, les insectes floricoles ont une grande importance écologique et économique du fait qu'ils influencent positivement la production agro-alimentaire (Mutsaers 1991, Desquesne 1996, Morison *et al.* 2000a, Tchuenguem 2005, Djonwangwé 2013, Kingha 2014).

Le Cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) est une Malvacée originaire de l'Amérique Latine produisant les cabosses dont les fèves sont utilisées dans les industries alimentaires (FAO 2009b). Le Nectar et le pollen produit par les fleurs de cette plante attirent les insectes floricoles. En dépit de l'importance économique et écologique de l'entomofaune floricole du cacaoyer est peu étudié et l'impact des insectes sur la pollinisation reste assez méconnu. Pourtant, le Cameroun est le 4<sup>e</sup> producteur Africain après la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Nigeria, avec une production estimée à 233000 tonnes et le 5<sup>e</sup> producteur mondial. Malgré ce rang le rendement en cabosses est faible pour faire face à une très forte demande (MINADER 2010).

Pour améliorer la production en fèves de cacao, certaines pratiques culturales sont expérimentées telles que le système agro forestier, le système de mono culture, la fertilisation des sols et la régénération des vergers. D'autres pratiques consistent à attirer les insectes dans les plantations et augmenter leur population à travers la pose des pseudos troncs de bananiers.

Considérant la nécessité d'augmenter les rendements du cacaoyer au Cameroun, des investigations ont été menées sur les insectes floricoles de *T. cacao* dans la région du Centre, localité de Nkolbisson (Yaoundé), pendant sa période de floraison de Mars à Aout 2015.

Le présent travail est une contribution à la maîtrise des relations existant entre *T. cacao* et les insectes floricoles pour une gestion optimale.

Il vise quatre principaux objectifs:

- inventorier les insectes floricoles de cette plante ;
- évaluer l'activité de ces insectes sur les fleurs de *T. cacao* ;
- déterminer l'impact des insectes floricoles sur la pollinisation du cacaoyer;
- déterminer l'influence des pseudo-troncs de bananier sur la diversité des insectes floricoles de cette essence.

**CHAPITRE I :  
REVUE DE LA LITTERATURE**

## I.1. Pollinisation et productions végétales

La pollinisation se définit comme le transfert du pollen fécondant des étamines productrices aux stigmates réceptifs d'une autre plante (Villières 1987). Le pollen étant l'organe reproducteur mâle des végétaux produit des étamines des fleurs (Villières 1987). La pollinisation d'un grand nombre d'espèces végétales est assurée par les insectes (Phillippe 1991) mais on dénombre deux grands types de vecteurs de pollen : les vecteurs abiotiques (le vent, l'eau) ; les vecteurs biotiques, les insectes, les oiseaux et les mammifères. Les insectes anthophiles peuvent avoir un rôle passif ou actif dans la pollinisation. Selon la ressource qu'il recherche sur la fleur les insectes pollinivores sont des pollinisateurs actifs alors que les nectarivores sont des pollinisateurs passifs et ne récoltent pas le pollen (Phillippe 1991).

La pollinisation est indispensable pour le maintien de la biodiversité dans le monde (Klein *et al.* 2007). Environ 80% des espèces de plantes à fleurs sont pollinisées principalement par les insectes (FAO 2009b). Une pollinisation efficace permet d'accroître le taux de fructification et d'améliorer la qualité du fruit (Phillippe 1991, Vaissière & Izard 1995, Segeren *et al.* 1996, Morison *et al.* 2000a)

Les travaux de Tchuengem Fohouo (1993) sur *Zea mays* révèlent que les insectes anthophiles notamment les Abeilles provoquent la déhiscence des anthères afin d'y récolter le pollen, elles secouent les panicules entraînant ainsi la libération du pollen dans l'air. Le pollen ainsi libéré est transporté principalement par le vent jusqu'aux stigmates réceptifs. Cette libération de pollen dans l'air sous l'action des insectes anthophiles favorise indirectement la pollinisation. Selon le même auteur les insectes anthophiles agitent les fleurs d'*Arachis hypogaea* et favorise l'autopollinisation de celles-ci. Plusieurs de ces insectes jouent un rôle direct sur la pollinisation des fleurs d'arachides par exemple en favorisant la géitogamie (cas de *Megachile* sp. et les Halictides).

Plusieurs insectes ont montré leur activité pollinisatrice notamment : (a) Les Hyménoptères (Apoïdes) sur : *Adenocalymma bracteatum* (Almeida - Soares *et al.* 2010), *Allium cepa* (Tchindébé & Tchuengem 2014) ; *Allium cepa* et *Brassica napus* (Vaissière 2002) ; *Brachiaria brizantha* (Adamou & Tchuengem 2014) ; *Brassica napus* (Klein *et al.* 2006 ; Jauker & Wolters 2008, Hoyle & Cresswell 2009, Pierre *et al.* 2010) ; *Cajanus cajan* (Saxena *et al.* 1990, Singh *et al.* 1990, Reddy *et al.* 2004, Pando *et al.* 2011a, Maziet *et al.* 2014) ; (Fameniet *et al.* 2012) ; *Citrus paradisi* (Chacoff & Ain 2007) ; *Citrullus lanatus* (Azo'oet *et al.* 2010) ; *Cucurbita pepo* (Julier & Roulston 2009) ; *Cucumis melo* (Phillippe 1991, Vaissière & Izard 1995, Morison *et al.* 2010a) ; *Cyrtanthus breviflorus* (Vaughton *et al.* 2010) ;



*Ecballium elaterium* (Rust *et al.* 2003) ; *Glycine max* (Milfontet *al.* 2013,) ; *Gossypium hirsutum* (Maziet *al.* 2013) ; *Helianthus annuus* (Tchuenguemet *al.* 2009a) ; *Medicago sativa* (Yocum *et al.* 2010) ; *Phaseolus coccineus* (William & Free 1975, Kendall & Smith 1976, Koltowski 2004, Pando *et al.* 2011b) ; *Panax quinquefolius* (Mooney & Mc Graw 2007) ; *Phaceliatana cetifolia* (Kumova *et al.* 2001) ; *Phaseolus vulgaris* (Kinghaet *al.* 2012, Douka & Tchuenguemet 2013, Tchuenguemet *al.* 2014a) ; *Syzygium guineense* var. *guineense* ; *Vitellaria paradoxa* (Djonwangwé *et al.* 2011c) ; *Vigna unguiculata* (Vazet *al.* 1998, Asiwe 2009, Pando *et al.* 2013) ; *Ximenia americana* (Djonwangwé *et al.* 2011b) ; *Zea mays* (Tchuenguemet & Messi 1998a). (b) Les Diptères (Muscidae) sur *Ricinus communis* (Douka & Tchuenguemet 2014).

## **I.2. Caractéristiques des insectes pollinisateurs**

Un insecte pollinisateur recherche sur une fleur le nectar et/ou le pollen ; les pièces buccales caractérisent généralement le comportement de butinage et les produits floraux récoltés (Philippe 1991, Borror & White 1991). Pour la recherche du nectar il entre dans le tube corollaire, puis déploie sa trompe pour sucer le nectar et peut visiter plusieurs fleurs sur une même plante lors d'un voyage de butinage (Philippe 1991).

Pour récolter le pollen, la butineuse entre dans le tube corollaire de la fleur et se pose sur les étamines. Puis, à l'aide de ses pattes et des mandibules, elle gratte rapidement les anthères pour y prélever le pollen qui est ensuite accumulé dans les corbeilles.

### **I.2.1. Hyménoptères**

L'ordre des Hyménoptères avec la super-famille des Apoïdes sont les pollinisateurs les plus efficaces par rapport au Diptères (Douka 2013). Cet ordre comprend aussi les Vespoïdes dont l'activité de butinage est généralement suivie par une bonne production des fruits (Borror & White 1991). Parmi les apoïdes, on trouve la famille des bourdons et de l'abeille domestique utilisée par l'Homme pour la pollinisation de certaines de ces cultures. Les abeilles et les bourdons se sont spécialisés dans la récolte du pollen et du nectar (Pesson & Louveaux 1984). Les Hyménoptères rassemblent près de 280 000 espèces dans le monde (Michel *et al.* 1994). Ils possèdent 2 paires d'ailes translucides et membraneuses, l'antérieure étant plus grande que la postérieure (Borror & White 1991). Ils peuvent vivre de manière solitaire ou en colonies (Borror & White 1991). Toutes ces espèces récoltent le pollen et le nectar pour leur propre alimentation mais surtout pour l'alimentation de leurs larves. L'ordre des Hyménoptères présente un labium long qui permet

à ces insectes d'aller chercher du nectar moins accessible (Kingha 2014).

### **I.2.2. Diptères**

Ces insectes, présentent une paire d'aile, à la place de la deuxième paire d'aile, il y a deux petits bâtonnets que l'on appelle les balanciers ou les haltères (Borror & White 1991). Ces organes sont de véritables stabilisateurs. En vols, ils transmettent au système nerveux central des informations sur la direction et sur la vitesse de l'inclinaison du corps lors des déplacements, on dénombre près de 140 000 espèces dans le monde (Borror & White 1991). Les brachycères ont des antennes courtes et rassemblent les mouches au sens large, reconnaissables avec leurs gros yeux à facettes (Borror & White 1991). C'est dans ce groupe que l'on rencontre les espèces qui se nourrissent de nectar et/ou de pollen. Les syrphes sont les diptères les plus étudiés dans le cadre de la pollinisation. Ils sont facilement reconnaissables pendant le vol car ils font très souvent le vol stationnaire ( Borror & White 1991). Les Muscidés possédant un labium court visitent des fleurs aux nectaires accessibles. Certains ont un labium long qui leur permet d'accéder aux nectars moins accessibles chez certaines fleurs dont la corolle est étroite et sont ainsi les bons pollinisateurs. Les diptères sont légers, avec un vol rapide et sûr, les rendant aptes à se poser sur les fleurs délicates. Ils sont utiles pour la pollinisation de petites fleurs dont la faible quantité de nectar n'est pas attractive pour les Abeilles ( Borror & White 1991).

### **I.2.3. Coléoptères**

Ce groupe d'insectes compte plus de 300 000 espèces dans le monde. Les coléoptères adultes se distinguent facilement par leurs ailes antérieures qui sont totalement dures et rigides et forment une solide carapace qui protège l'abdomen et les ailes postérieures membraneuses (Borror & White 1991). Les adultes sont très souvent de gros consommateurs de pollen et certaines espèces, comme la cétoine dorée, ont des pièces buccales adaptées à ce régime alimentaire ( Borror & White 1991). Quelques longicornes ont le thorax et la tête très effilés ce qui leur permet de s'alimenter plus facilement en nectar et sont capables de pénétrer dans les fleurs fermées et ont un rôle majeur dans la pollinisation de plantes. Mais de manière générale, les coléoptères sont considérés comme des pollinisateurs peu performants par rapport aux hyménoptères et Diptères. Les Coléoptères sont les insectes les moins adaptés à la pollinisation des fleurs, en raison notamment de leurs pièces buccales courtes et de leur poids important (Borror & White 1991). La pollinisation par les coléoptères est ainsi assez brutale et

peut causer des dommages aux fleurs (stigmates ou pistils endommagés). Il arrive parfois que ces insectes aient un impact négatif sur les cultures lorsqu'ils sont trop nombreux (Borror & White 1991). Les coléoptères offrent une participation modeste (présente surtout en milieu tropical) à la pollinisation des plantes d'intérêt agronomique ; de nombreuses espèces sont en effet glabres, ce qui ne permet pas l'adhérence des grains de pollen, d'autres brouteuses peuvent même se nourrir des ovaires ou des anthères des plantes (Borror & White 1991). Par ailleurs, ce sont des insectes pesants, dont l'activité peut parfois être lente, avec un penchant à séjourner longtemps sur une même fleur, ce qui peut entraîner la dessiccation des grains de pollen transportés.

## **I.2.4. Lépidoptères**

Les lépidoptères sont des insectes phytophages, qui rassemblent plus de 160 000 espèces dans le monde (Borror & White 1991). Certains, comme la piéride duchou, sont les rhopalocères ou «papillons de jour»; il existe aussi d'autres espèces appelées «papillons de nuit»; ces termes sont abusifs, car certaines espèces comme les zygènes ont une activité diurne (Borror & White 1991, Baude 2011). Ce qui distingue le plus les papillons des autres insectes pollinisateurs, c'est la structure de leur trompe ; Elle est constituée d'un ensemble de pièces buccales très bien adaptées à la récolte du nectar (Borror & White 1991). Au repos, elle est maintenue enroulée en spirale. Le long de la trompe, de multiples petits muscles entraînent par contraction son déroulement (Borror & White 1991). Au premier tiers de sa longueur, il existe des muscles particuliers qui permettent à la trompe de former un coude. Ainsi, un papillon est capable de rechercher le nectar sous n'importe quel angle et le mouvement de la trompe dans la fleur provoque le dépôt de grains de pollen (Borror & White 1991). Les Lépidoptères possèdent une trompe permettant d'atteindre le nectar de fleurs très étroites, moins accessible aux autres pollinisateurs. Les Lépidoptères, ou papillons, ont de grandes ailes écailleuses aux couleurs parfois vives, les larves, aptères et phytophages, ont de puissantes pièces buccales broyeuses.

## **I.3. *Theobroma cacao***

### **I.3.1. Généralités**

Le cacaoyer, *Theobroma cacao*, est un arbre originaire du bassin amazonien ; précédemment rangé dans la famille des Sterculiaceae, il est actuellement classé dans la famille des Malvaceae (APG III 2009). Il existait déjà depuis 4000 ans avant J. C. dans

certaines zones tropicales d'Amérique du Sud (Bergman 1969). La fève de cacao a été utilisée par les Maya comme monnaie d'échange ; cette monnaie bien que peu pratique était la plus répandue, après l'or et l'argent dans cette contrée et est connu sous le nom de nourriture des dieux. La culture du cacao arrive en Asie au XVI<sup>ème</sup> siècle tandis que son introduction en Afrique, principale région actuelle de sa production ne date que du XIX<sup>ème</sup> siècle. Il est introduit au Cameroun en 1886 (Assoumou 1977).

### **I.3.2. Morphologie**

Le cacaoyer est un arbuste de sous-bois sa culture a souvent été réalisée sous ombrage (Mossu 1990), indispensable pendant les premières années de culture; cet ombrage doit être relativement dense, ne laissant filtrer que 50 % de la lumière totale. La durée de vie du cacaoyer peut aller jusqu'à 80 ans. La plante atteint sa taille adulte vers l'âge de 10 ans mais la production de fruits démarre vers l'âge de 3 ans (Braudeau 1969). Cet arbre peut atteindre 10 mètres de haut à l'état sauvage, mais lorsqu'il est cultivé, sa taille est maintenue entre 4 et 7 mètres afin de faciliter sa récolte . Les feuilles sont persistantes de formes simples, lancéolées, pointues ou oblongues, molles et tendres avec une coloration variant du vert très clair à diverses tonalités de rouge, (Vera 1987). Les fleurs poussent directement sur le tronc et les branches de l'arbre et attirent les insectes floricoles (Mossu 1990). Le tronc est généralement droit avec une écorce peu épaisse de couleur brun grisâtre. Les jeunes fruits qui font au maximum 10cm de long sont appelés chérelles (Figure 1). Le fruit est ensuite appelé cabosse et arrive à maturité après un total de cinq à six mois de croissance (Vera 1987). La cabosse (Figure 1) est verte ou rouge-violet ; elle devient jaune ou orange à maturité et mesure environ 20 cm sur 7 à 9 cm de largeur et peut peser, selon la variété, de 200 g à 1 kg ; en général, elle arrive à maturité entre 4 et 6 mois après la floraison (Mossu 1990). Les graines, couramment appelées fèves, sont entourées d'une pulpe mucilagineuse et imbriquées dans une seule cavité qui renferme de 16 à 60 fèves réparties sur 5 rangées longitudinales (Braudeau 1969).



A

B

Figure 1. Jeunes fruits ou chérelles (A) et cabosse du Cacaoyer (B)(GIDOIN2013)

### I.3.3. Position systématique

- eucaryote.....Domaine : *Eucarya*
- multicellulaire ; autotrophe ; paroi cellulaire cellulosique.....  
.....Règne : *Plantae*
- plante à graines.....Embranchement : Spermaphytes
- ovule protégée par une enveloppe appelée carpelle.....  
.....Sous - embranchement : Angiospermes
- graine à deux cotylédons ; feuille à nervure ramifiée ; fleurs de type 5 .....  
.....Classe : Dicotylédones
- pétale libre ; ovaire supère ; étamine à développement centripète.....  
.....Sous - Classe : Dilleniidea
- ovaire contenant plusieurs ovules ; le fruit est une capsule.....  
.....Ordre : Malvales
- feuille trilobée, isolée ; fleur bisexuée, actinomorphe et habituellement pentamère.....  
.....Famille : Malvaceae
- corolle en roue ; cinq pétales ; calice cinq parties...Genre : *Theobroma*
- .....Espèce : *cacao*

Nom scientifique : *Theobroma cacao* L.

### I.3.4. Usage et importance du cacaoyer

Le cacaoyer est essentiellement cultivé pour ses fèves, dont on tire le chocolat (MINADER 2010). La fève contient des matières grasses (50% à 55%), des polyphénols (7 %), des tannins (7 %), de la caféine (1 %), de la theobromine (2 %), des glucides (12 %), des protéines (10 %), des fibres (17 %), des sels minéraux, de la sérotonine, des vitamines des groupes A, B et D, du magnésium, du phosphore, du calcium, du fer et des oligoéléments (Brerton et al.1994).Le cacao possède de nombreuses vertus : lutte contre le mauvais

cholestérol (LDL) grâce à l'acide oléique et l'acide stéarique ;anti-constipation grâce aux tanins hydrolysables ; anti-stress grâce à la théobromine et la caféine. Le beurre de cacao en plus de son utilisation dans l'industrie chocolatière, à des propriétés émoullientes ; dans le domaine traditionnel il est utilisé pour assouplir la peau et est en plus utilisé dans la fabrication de certains produits cosmétiques et médicaments (Assoumou 1977).

Outre les fèves, les coques des cabosses peuvent être utilisées pour l'alimentation du bétail, la fabrication d'engrais (fertilisant organique), les produits pharmaceutiques et la savonnerie (MINADER 2010). Dans certaines régions d'Amérique du Sud, les feuilles de cacaoyer sont utilisées comme tonique cardiaque (Mossu 1990).

On distingue trois grande variétés de cacaoyer : les Criollo, les Forastero et les Trinitarios présentant chacune les caractéristiques morphologiques, la saveur des fruits, et la couleur.

- Les Criollos avec des cabosses rouges orangées lorsqu'elles sont matures, sont sensibles aux maladies et aux insectes ;
- Les Forasteros sont cultivés principalement en Afrique, au Brésil et à l'Equateur. Ce sont des arbres à cabosses jaunes ou brunes à maturité. certains sont vigoureux, résistants aux maladies et de haut rendement.
- Les Trinitarios généralement très vigoureux, sont encore cultivés sous forme de clone. Les variétés les plus cultivées au Cameroun sont les Forasteros et les Trinitarios.

#### **I.4. Relations insectes floricoles –*Theobroma cacao***

Les relations entre le cacao et les insectes floricoles ont été très peu étudiées par le passé. Au Ghana, en 1984, Young rapporte que les principaux pollinisateurs du cacao sont les Diptères Ceratopogonidés, les Abeilles, les Fourmis, les Aphididés électriques, les Thrips.

L'entomofaune floricole et l'impact des insectes sur la pollinisation et les rendements fruitiers et ou grainiers d'une espèce végétale peuvent varier dans le temps et dans l'espace (Djonwangwé 2013, Pando et al. 2013, Azo'o 2013, Kingha 2014). De ce fait il est nécessaire de mener des investigations à Nkolbisson dans la Région du Centre au Cameroun sur *Theobroma cacao* et leurs insectes anthophiles.

**CHAPITRE II :  
MATERIEL ET METHODES**

## II.1. Site d'étude

Les travaux ont été réalisés de mars à août 2015 pendant la petite saison de pluies (Mars - Juin) et la petite sèche (Juillet – Aout), à Nkolbisson (Yaoundé) (latitude : 3° 51.350 N, longitude : 11° 30.380 E)(Figure2), département du Mfoundi, Région du Centre au Cameroun. Les coordonnées géographiques ci-dessus ont été enregistrées à l'aide d'un «Global Positioning System» (Garmin GPS II+).

### II.1.1. Aperçu climatique et végétale de la Région du Centre

Le climat de la ville de Yaoundé fait partie du domaine guinéen classique à 4 saisons bien marquées. C'est un climat de type continental caractérisé par :

- Une grande saison sèche qui va de mi-novembre à mi-mars suivie d'une petite saison de pluies (mi-mars - fin juin). Le maximum de cette petite saison de pluie se situe en mars.
- Une petite saison sèche (juillet-aout), cette petite saison étant la plus variable.
- Une grande saison de pluie (septembre-mi-novembre) avec un maximum en octobre.

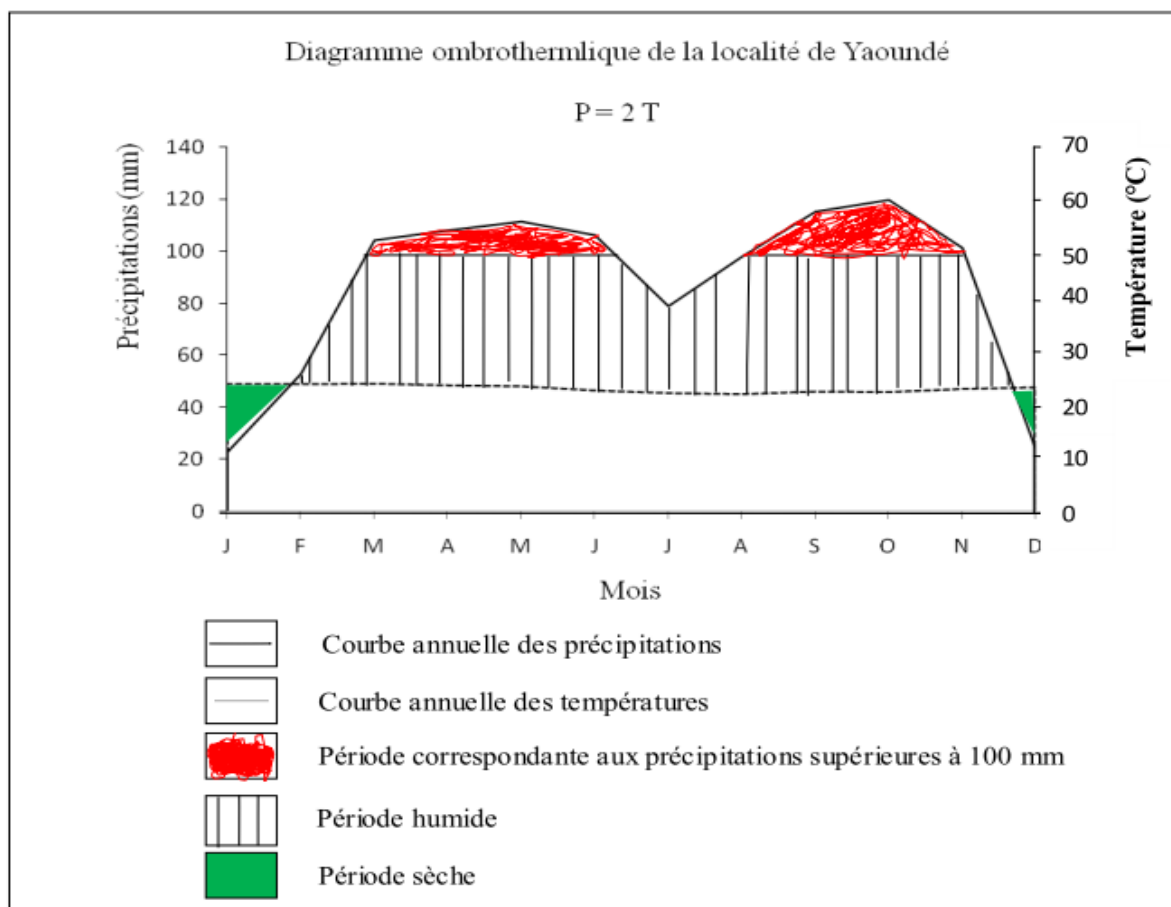


Figure 2. Diagramme ombrothermique de Yaoundé selon la méthode de Walter & Lieth en 1964. (LEVOYAGEUR.NET consulté le 28/06/2016).



Des précipitations moyennes sont de 1600 mm<sup>3</sup>/an. Avec une amplitude des fluctuations thermiques faible (environ 2,51°C) et la moyenne thermique est 24,25°C (Annexe 4). La végétation originelle dans la ville de Yaoundé est une forêt semi-décidue caducifoliée. Cette forêt subit de nos jours une dégradation poussée par l'action de l'homme. Les causes de cette dégradation tiennent, à l'urbanisation, à la pratique des cultures vivrières et des arbres fruitiers, à l'exploitation du bois (Nké& Ndi 2008).

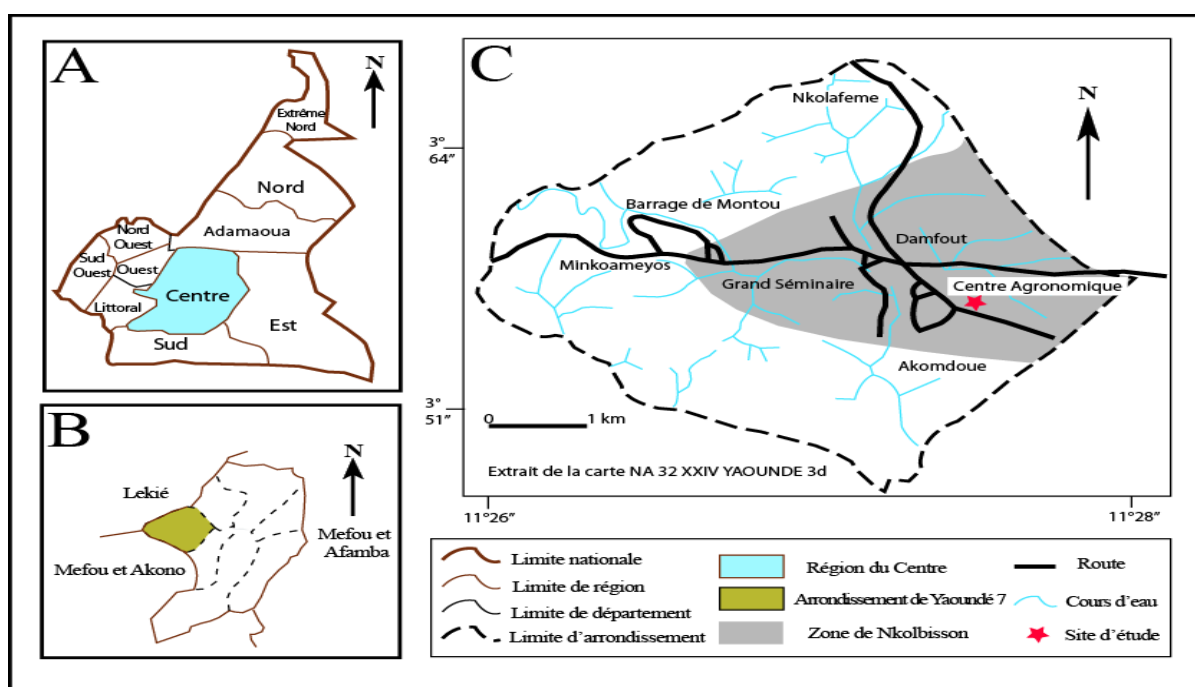


Figure 3. Carte présentant la Région du Centre (A), le département du Mfoundi(B) et localisant Nkolbisson dans l' Arrondissement de Yaoundé 7 (C)

## II.2. Station d'étude et matériel biologique

### II.2.1. Station d'étude

Le site d'expérimentation (Figure 3) est une collection de cacaoyers mise en place à l'IRAD en 2010. Il a une superficie d'environ 2100 m<sup>2</sup>. Elle est entourée par plusieurs autres espèces végétales dont les fleurs sont susceptibles d'attirer les insectes floricoles de *Theobroma cacao*. Les plus représentatives de ces plantes sont : *Asystasia gangetica*, *Chromoleana odorata*, *Ageratum conizoides*, *Mimosa* sp., *Anelema* sp., *Cyathula prostrata*, *Emilia coccinea*, *Spermacocea monticola*, *Sida alba*, *Albizia* sp., *Mariscus alternifolius*, *Oxalis variegatum*. Il existe aussi des arbres d'ombrage dans notre parcelle à savoir : *Elaeis guineensis*, *Vitex* sp, *Ceiba pentandra*, ...

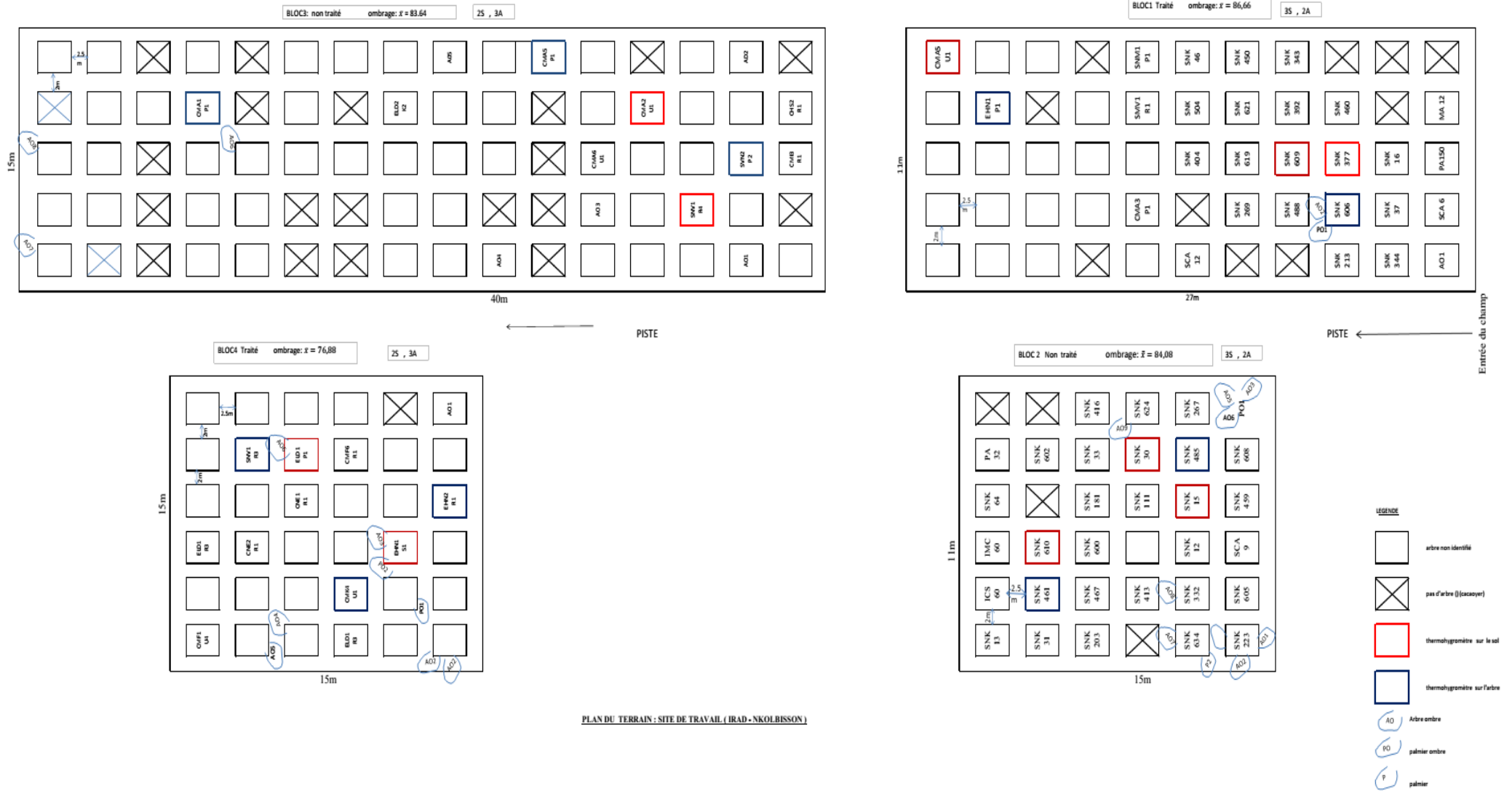


Figure 4. Plan du terrain et disposition des cacaoyers dans la parcelle expérimentale.

## II.2.2. Matériel végétal

120 plantes (*Theobroma cacao* L.) réparties sur 4 blocs dont l'âge moyen est de 6 ans  $\pm$  2 ont été étiquetées dans le champ expérimental de l'IRAD de Nkolbisson (Yaoundé) (Figure 5).



Figure 5. Fleur (A) et plante (B) de *Theobroma cacao* L. (20X).

## II.2.3. Matériel animal

L'entomofaune floricole est représentée par diverses populations d'insectes naturellement présentes dans l'environnement expérimental du cacaoyer.

## II.2.4. Matériel technique

Nous nous sommes servi des densitomètres pour la mesure de l'ombrage, d'un décimètre pour la mesure des dimensions des blocs, d'une balance pour la pesée des pseudo-troncs de bananiers, des thermohygromètres pour mesurer la température et l'hygrométrie, d'un piège malaise et un filet fauchoir pour capturer les insectes, les tubes à essai pour conserver les espèces capturées, les toiles gaze pour isoler les fleurs de l'activité des

insectes, d'un aspirateur à bouche pour capturer les insectes sur les fleurs (Figure 6). On peut également citer : un appareil photo; les bottes ; la machette; la loupe binoculaire.



Figure 6. Matériels techniques

(Densiomètre (A) ; Décamètre (B) ; Balance (C) ; Thermohygromètre (D) ; Malaise (E) ; Tubes (F) ; Aspirateur à bouche).

## II.3.Méthode

### II.3.1. Préparation de la parcelle expérimentale

Durant la période du 17 au 29 Mars 2015, la parcelle expérimentale a été nettoyée et scindée en 4 blocs :

- bloc N° 1 (40m x15m), 30 pieds de cacaoyer, avec pseudo-troncs de bananier ;
- blocN° 2 (15m x 15m), 30 pieds de cacaoyer, sans pseudo-troncs de bananier ;
- blocN° 3 (15m x 11m), 30 pieds de cacaoyer, sans pseudo-troncs de bananier ;
- blocN° 4 (27m x 11m), 30 pieds de cacaoyer, avec pseudo-troncs de bananier.

Les pseudo-troncsde bananier découpés et pesés, sont déposés autour de chaque pied de cacaoyer dans les blocs N° 1 et 3 à raison de 500g/pied (figure 7) un mois avant le début

des manipulations. Pendant ce temps, ils se décomposent et attirent les insectes qui s'en servent comme niche écologique. En effet, ces derniers peuvent s'y abriter et pondre les œufs.



Figure 7. Pseudo-troncs de bananier disposés autour d'un pied de *Theobroma cacao* L.

### II.3.2. Influence de pollinisation sur la fructification de *Theobroma cacao*

A partir du 14 mai 2015, 120 fleurs au stade bouton floral ont été étiquetées dans la parcelle expérimentale et 04 traitements constitués.

- 80 fleurs ont été étiquetées et isolées de l'activité des insectes sur 16 arbres choisis dans les 04 blocs (en raison de 04 plantes par bloc et 5 fleurs par arbre ; 40 fleurs isolées dans les parcelles avec pseudo-troncs et 40 dans les parcelles sans pseudo-troncs) ;

- Parallèlement 40 fleurs ont été étiquetées et laissées en libre pollinisation des insectes (20 fleurs dans les blocs ayant reçus les pseudo-troncs et 20 autres dans les blocs sans pseudo-troncs) ;



**Figure 8.** Branche de *Theobroma cacao* L. avec deux fleurs étiquetées et laissées en libre pollinisation



**Figure 9.** Tronc de *Theobroma cacao* L. avec quatre fleurs isolées à l'aide de sachets en toile gaze

Dix jours après la fanaison de la dernière fleur, le nombre de chérelles formés a été compté dans chacun des traitements 1, 2, 3 et 4. Pour chaque traitement, l'indice de fructification (*Ifr*) est calculé selon la formule ci-après :

$Ifr = (F_1/F_2)$  où  $F_1$  est le nombre de fruits formés et  $F_2$  le nombre de fleurs initialement portées (Tchuenguem *et al.*, 1998a).

La différence entre les indices de fructification des traitements 1 et 3 puis 2 et 4 permet d'évaluer l'effet d'ajout des pseudo-troncs sur le taux de fructification de *Theobroma cacao* :

$TC = \{[(Ifr_1 - Ifr_2) / Ifr_1] \times 100\}$ , où  $Ifr_1$  et  $Ifr_2$  sont les indices de fructification obtenus dans les traitements aux fleurs en libre pollinisation (traitement 1 ou 3) et dans les traitements aux fleurs protégées des insectes (traitement 2 ou 4) respectivement ;

### **II.3.3. Détermination de la place des insectes dans l'entomofaune floricole de *Theobroma cacao***

Sur les 80 fleurs isolées et laissées en libre pollinisation (Figures 9), les observations ont été effectuées tous les jours du 16 mai au 14 juin 2015, selon trois tranches horaires : 7h-8h, 9h-10h et 11h-12h. A chaque passage, les différents insectes rencontrés sur les fleurs étaient observés et comptés. A la veille de chaque observation, les boutons floraux étaient délicatement couverts de sachets en toiles de gaze fixée par les épingles. Dès le début de la première tranche d'observation les sachets en toiles de gaze sont retirés sur 5 fleurs épanouies par arbre, pour permettre aux éventuels insectes de les visiter. A chaque passage les différents insectes rencontrés sur les fleurs sont comptés, leur activité de butinage appréciées. Les résultats cumulés ont été exprimés par les nombres de visites (Tchuenguem 2005). Les données sur la fréquence relative des visites des différents insectes floricoles

recensés ont permis de déterminer la place des différentes espèces des insectes dans l'entomofaune floricole de *Theobroma cacao*.

A la fin de chaque séance les fleurs observées sont de nouveau délicatement recouvertes de sachets en toiles de gaze.

### **II.3.4. Produits floraux récoltés**

Il s'agissait de noter si sur une fleur, l'insecte récolte le pollen et/ou le nectar. Un insecte qui plonge sa trompe dans une fleur est une butineuse de nectar alors que celle qui gratte les anthères à l'aide de ses mandibules est une butineuse du pollen. Les produits floraux récoltés par les insectes sur les fleurs de *Theobroma cacao* ont été notés.

## **II.4. Etho-écologie de butinage**

### **II.4.1. Ethologie**

Le comportement de l'insecte lors de la récolte du pollen et/ou du nectar sur une fleur de *Theobroma cacao* a été noté à la suite des observations directes.

La vitesse de butinage a été enregistrée : elle correspond au nombre de fleurs visitées par minute (Jacob-Remacle 1989).

Le chronomètre mis à zéro était déclenché dès qu'un insecte se posait sur une fleur et arrêté dès qu'elle quittait la fleur. La vitesse de butinage ( $V_b$ ) est :

$V_b = [(60/di) \times Fi]$  où  $di$  est la durée donnée par le chronomètre (en seconde) et  $Fi$  est le nombre de fleurs correspondant à  $di$ .

Au cours de cette manipulation, si l'insecte revient sur une fleur déjà visitée, le comptage est effectué comme si s'agissait de deux fleurs distinctes (Tchuengem 2005).

### **II.4.2. Ecologie**

#### **II.4.2.1. Effet de l'interaction entre les insectes visiteurs**

L'influence de la faune a été systématiquement enregistrée pendant les mêmes dates et tranches horaires que la fréquence des visites. Il s'agissait de noter, par un signe en exposant, chaque visite interrompue, en précisant l'auteur de cette interruption.

#### **II.4.2.2. Influence de quelques facteurs climatiques**

Des thermo-hygromètres ont été installés dans le site pour capter l'humidité et la température. Certains ont été placés dans la litière, protégés dans les gobelets, d'autres fixés

sur les arbres (Figures 9) et ont permis d'enregistrer la température et l'hygrométrie de la station d'étude tout au long de la période d'observation. Les effets physiques du vent, de l'insolation, de la pluie et de la nébulosité ont été aussi notés. Les arbres fournissant l'ombrage dans la station ont été identifiés et les mesures de l'ombrage prises à l'aide d'un densiomètre.



Figure 10. Thermohygromètre installé dans la litière (A) et accroché sur une branche (B)

## II.5. Évaluation de l'impact des insectes sur la pollinisation de *Theobroma cacao*

Ce paramètre a été enregistré lors de l'étude de la fréquence des visites. Il s'agissait de noter, pendant la récolte du nectar et/ou du pollen, le nombre de fois où le corps d'une butineuse entre en contact avec le stigmate de la fleur visitée. Les données obtenues permettent de mettre en évidence les possibilités d'intervention de l'insecte dans l'autopollinisation et la pollinisation croisée (Tchuenguem 2005).

## II.6. Évaluation de l'impact des insectes sur les rendements de *Theobroma cacao*

L'impact des insectes sur le rendement est basé sur :

- L'impact de la pollinisation sur la fructification de *Theobroma cacao*
- Le pourcentage ( $P_i$ ) du taux de fructification dû à l'influence des insectes floricoles est calculé à l'aide de la formule ci-dessous :  $P_i = \left\{ \frac{(F_1 - F_3)}{F_1} \times 100 \right\}$  où  $F_1$  et  $F_3$  sont les taux de fructification dans les traitements 1 (fleurs laissées en libre pollinisation dans les blocs avec pseudo-tronc) et 3 (fleurs laissées en libre pollinisation dans les blocs sans pseudo-tronc) respectivement.



Pour un traitement, le taux de fructification = (nombre de cabosses/nombre de fleurs) x100 (Tchuenguem 2005).

## **II.7. Capture et détermination des insectes floricoles**

Durant les tranches suivant les périodes d'observations, les insectes observés ont été capturés à l'aide d'un filet fauchoir pour les insectes volants, d'un aspirateur à bouche pour les insectes observés sur les fleurs et du piège malaise pour les insectes de la litière.

Après la capture, les insectes sont conservés dans des flacons contenant de l'alcool à 70 %, excepté les Lépidoptères et les Odonates qui étaient conservés dans des papillotes, selon les recommandations de Borror & White (1991). La détermination et l'identification des spécimens a été faite par :

- Stephanie KAKAM au Laboratoire d'Entomologie de l'IRAD à l'aide de la clé d'identification des familles d'insectes de Delvare (1989).
- Dr. DOUNIA au Laboratoire de Zoologie de l'Ecole Normale Supérieure de l'Université de Yaoundé I.

## **II.8. Traitement des données**

L'analyse des données a été faite à l'aide de :

- la statistique descriptive (calcul des moyennes, écart-types et pourcentages) ;
- quatre tests : Test -  $t$  de Student (comparaison des moyennes de deux échantillons) ; Chi-carré ( $\chi^2$ ) (la comparaison des pourcentages) ; ANOVA ( $F$ ) (comparaison des moyennes de plus de deux échantillons) ; Coefficient de corrélation de Pearson ( $r$ ) (étude des relations linéaires entre deux variables).

Nous avons entre autre utilisé les logiciels Microsoft Excel 2007 et STATISTICA 10.1

**CHAPITRE III :  
RESULTATS ET DISCUSSION**

### III.1. Entomofaune floricole de *Theobroma cacao*

#### III.1.1. Parcelle expérimentale

Durant la période de floraison, 80 visites de 25 espèces d'insectes appartenant à 11 familles ont été enregistrées sur 80 fleurs de *T. cacao*. La figure 10 présente les fréquences de visites de chaque famille d'insectes.

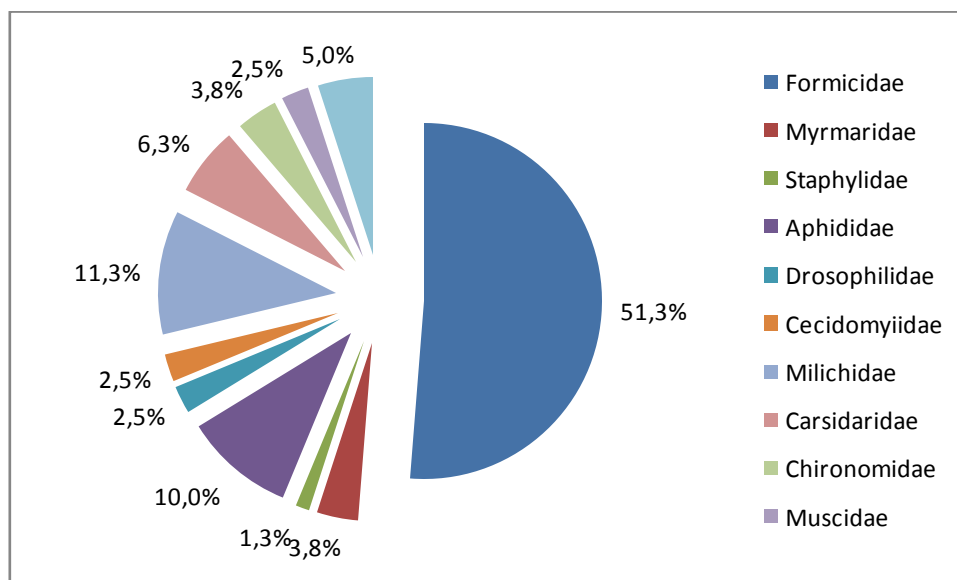


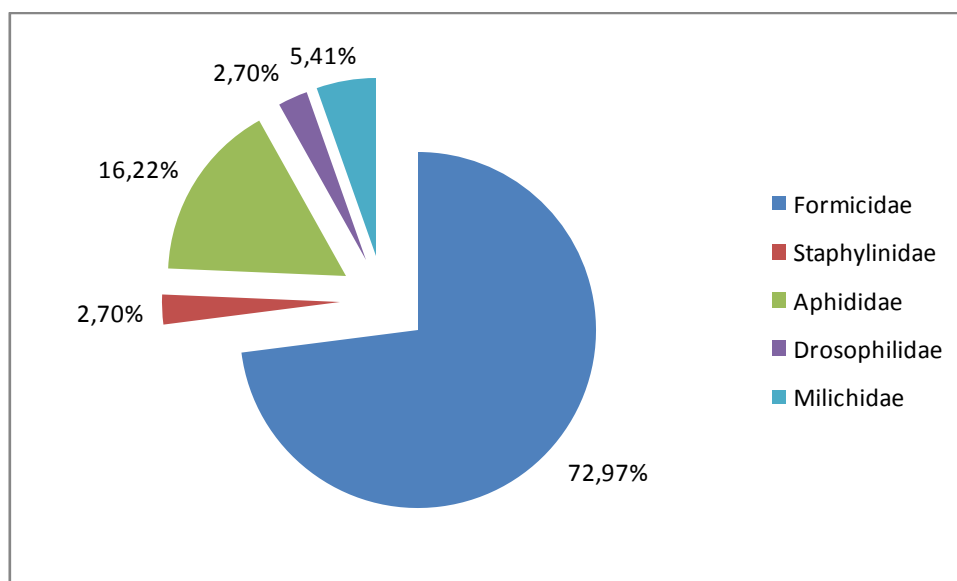
Figure 11. Pourcentage des visites des différentes familles des insectes dans la parcelle expérimentale

Il ressort de ce diagramme que les Formicidae sont fortement représentées (51,3 %), Les Milichidae (11,3 %) et les Aphididae (10 %) sont faiblement représentées, les autres familles sont rares.

Les travaux de *Saunders (1908)*, *Kaufann (1975)* et *Young (1986)* sur le cacaoyer présentent les Formicidae comme les insectes floricoles les plus fréquents sur cette plante.

#### III.1.2. Parcelle avec pseudo-troncs

37 visites de 5 familles d'insectes ont été enregistrées sur 40 fleurs de *T. cacao*. La figure 13 présente les fréquences des visites des insectes dans la parcelle avec pseudo-troncs

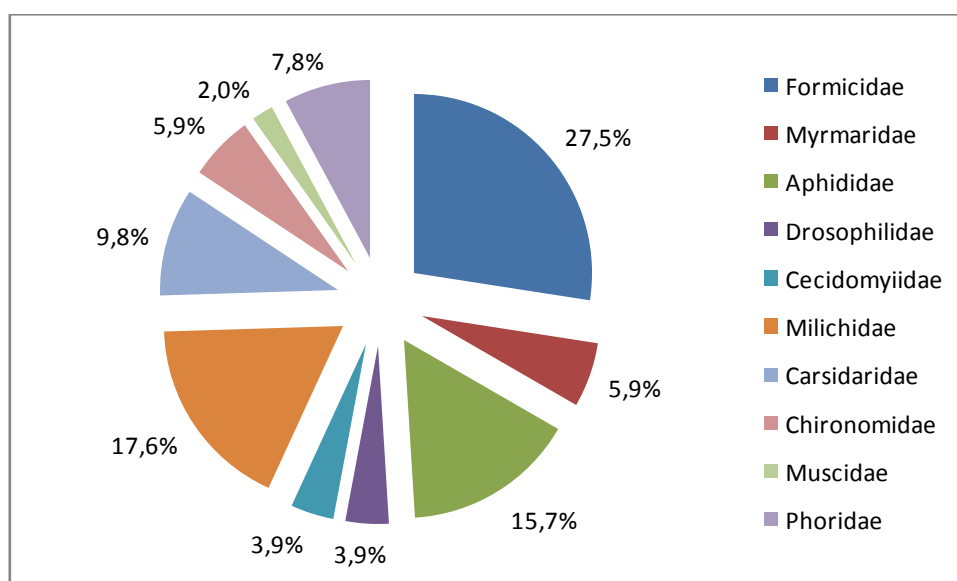


**Figure 12.** Pourcentage des visites des différentes familles des insectes dans des parcelles avec pseudo-troncs

Il ressort de cette figure que la famille de Formicidae occupe le 1<sup>er</sup> rang (72,97 %) suivi des Aphididae (16,22 %) et de Milichidae (5,41 %) ; chacune des autres familles avait un taux de visites inférieur à 7 %

### III.1.3. Parcelle sans pseudo-troncs

43 visites de 10 familles d'insectes ont été enregistrées sur 40 fleurs de *T. cacao*. La figure 14 représente les pourcentages des différentes familles des insectes.



**Figure 13.** Pourcentage des visites dans la parcelle sans pseudo-troncs

Il ressort de ce diagramme que la famille de Formicidae occupe le 1<sup>er</sup> rang (27,50 %), suivi de Milichidae(17,60 %) ensuite Aphididae(15,70 %) et Psilidae (9,8) ; chacune des autres familles avait un taux de visites inférieur à 7 %.

La différence est hautement significative entre pourcentage de fourmis dans le traitement des parcelles avec pseudo-troncs de bananier et des parcelles sans pseudo-troncs de bananier ( $X^2 = 3,53$  ;  $P < 0,01$ ).

Ainsi les insectes visitent plus fréquemment les fleurs de *T. cacao* se trouvant dans la parcelle sans pseudo-troncs que celles se trouvant dans la parcelle avec pseudo-troncs de bananiers ; cependant on observe un phénomène inverse avec les Formicidae dont la fréquence des visites est plus élevée dans les parcelles avec pseudo troncs que dans les parcelles sans pseudo troncs. L'ajout des pseudo-troncs influencerait les insectes pollinisateurs en favorisant la présence des fourmis qui, non seulement sont des potentiels pollinisateurs mais également des potentiels prédateurs pour les autres insectes.

Nos résultats sont en accord avec ceux Saunders (1908), Soria (1961), Winder (1977), et Kaufmann (1975) à Trinidad où les Diptères et les Formicidae ont été signalés comme étant les insectes les plus fréquents sur les fleurs du cacaoyer.

Au Cameroun, les Diptères et les Fourmis sont connues comme faisant partie des insectes floricoles de plusieurs autres espèces végétales dont : *Callistemon rigidus* (Fameni 2012) et *Phaseolus vulgaris* var Petite Graine Rouge (Douka & Tchuenguem 2013).

### III.1.3. Effet d'ajout des pseudo-troncs sur les familles d'insectes

L'analyse des traitements 2 (insectes recensés sur les fleurs du cacaoyer, nombres et pourcentage des visites des insectes dans les parcelles avec pseudo-troncs) et 3 (insectes recensés sur les fleurs du cacaoyer, nombres et pourcentage des visites des insectes dans les parcelles sans pseudo-troncs) nous permet de constater que la famille des Formicidae dans les parcelles avec pseudo-troncs est élevé (72,97%) nettement supérieur à celle des Formicidae dans les parcelles sans pseudo-troncs (32,56%). D'autres familles tel que les Aphididae sont mieux représentées dans les parcelles avec pseudo-troncs (16,32%) et moins fréquentes dans les parcelles sans pseudo-troncs (10,39%). Les espèces de ces familles d'insectes présentent une préférence pour les parcelles traitées aux pseudo-troncs de bananiers que des parcelles non traitées. Certaines familles telles que des Milichidae, des Staphilidae sont présentes dans les parcelles traitées aux pseudo-troncs alors qu'elles sont absentes dans les parcelles sans pseudo-troncs. De même nous notons la présence des Myrmaridae, Cecidomidae dans les

parcelles sans pseudo-troncs alors qu'elles sont absentes dans les parcelles avec pseudo-troncs.

La famille des Drosophilidae présente dans les deux traitements garde relativement une même fréquence des visites soit 2,6 % dans les parcelles traitées aux pseudo-troncs et 2,7 % dans les parcelles non traitées

### III.2. Activité des insectessur les fleurs de *Theobroma cacao*

#### III.2.1. Aliments récoltés

Sur les fleurs de *T. cacao*, les insectes prélèvent fortement le nectar et faiblement le pollen (Tableau1), la forte attractivité du nectar de cette plante par les insectes pourrait s'expliquer en partie par une disponibilité en quantité et en qualité du produit floral. En effet, selon Philippe (1991), Les insectes sont constants sur une fleur lorsque sa disponibilité en nectar et sa concentration en sucres totaux du nectar sont élevées.

Tableau 1. Produits floraux récoltés par les insectes sur les fleurs de *Theobroma cacao*

Insectes			
Ordre	Famille	Espèces	Produits floraux récoltés
Hymenoptera	Formicidae	7	P
	Myrmaridae	1	N P
Coleoptera	Staphilinidae	1	N
Hemiptera	Aphididae	2	N
Diptera	Drosophilidae	2	N
	Cecidomyiidae	1	N
	Milichidae	5	NP
	Carsidaridae	3	N
	Chironomidae	1	P
	Muscidae	1	N
	Phoridae	1	N
Total	11		

(P = pollen N = nectar)

Lors d'une visite florale les Fourmis récolte le pollen et/ou le nectar. Ces résultats sont conformes à celle de Reffye *et al.* (1980) au Trinidad sur *T. cacao*. Cette attractivité élevée serait liée au fait que le nectar est produit en grande quantité et est particulièrement accessible aux insectes.

Pour les Fourmis (*Myrmica* spp. Et *Polyrachis* spp.), Fameni (2012) et Douka (2015) ont trouvé qu'à Ngaoundéré et à Maroua respectivement ces insectes récoltent activement le pollen et le nectar sur les fleurs de *Callistemon rigidus* et *Phaseolus vulgaris* var Petite Graine Rouge.

Cependant pour ce qui est du cas de la fleur de *Theobroma cacao* il n'est pas évident de déterminer avec exactitude le produit récolté car les fleurs tout comme les pollinisateurs sont extrêmement minuscules.

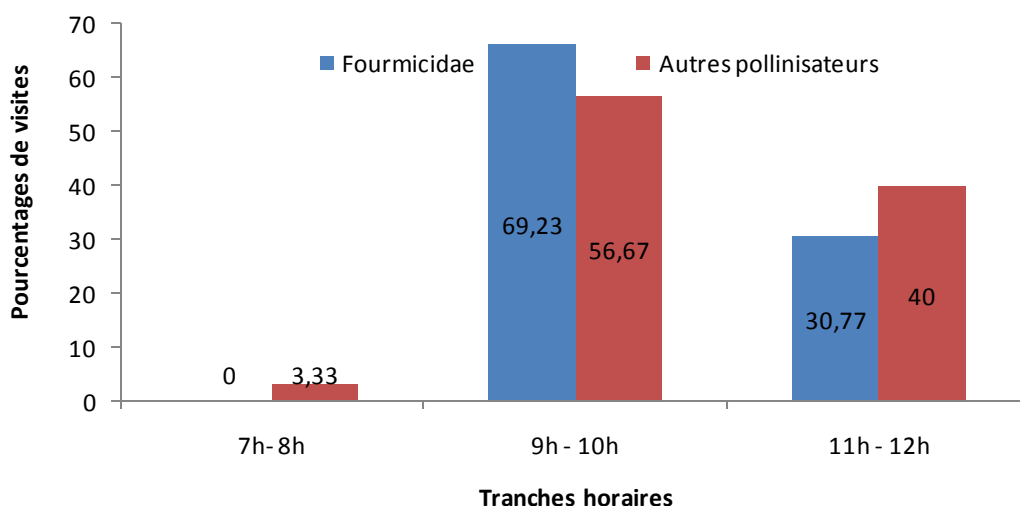
### III.2.2. Fréquence journalière des visites

Dans l'ensemble, les insectes pollinisateurs et les fourmis visitent les fleurs de *T. cacao* tout au long de la matinée avec un pic de visites qui se situe entre 9 h et 10 h (Tableau 2, Figure 15). Pendant cette période journalière, l'hygrométrie moyenne et la température ambiante moyenne sont élevées et seraient favorables à la forte disponibilité du nectar et participant à l'attractivité des insectes. Ces conditions pourraient en partie expliquer les fréquences plus élevées des visites de fourmis pendant cette tranche horaire.

Tableau 2. Nombre de visite des pollinisateurs sur les fleurs de *Theobroma cacao* selon les tranches horaires journalières

Insectes	Tranche horaire			Total
	7h-8h	9h-10h	11h-12h	
formicidae	0	9*	4	13
Autres pollinisateurs	1	17*	12	30

\*pic d'activité



**Figure 14.** Pourcentage de visites des insectes sur les fleurs de *Theobroma cacao* selon les tranches horaires journalières

Selon Pesson & Louveaux (1984), lorsque le butin n'est plus facilement exploitable ou réduit en quantité et/ou médiocre en qualité, les butineurs diminuent leur activité sur les fleurs pour que l'énergie dépensée pour le butinage ne soit pas supérieure à celle pouvant être tirée du butin. Des résultats similaires aux nôtres ont été trouvés par Mazi *et al.* (2013) sur les fleurs d'une Malvaceae (*Gossypium hirsutum*) à Ngoundéré et à Maroua respectivement.

En effet, selon ces auteurs, la fréquence de visites des fleurs par les insectes décroît lorsqu'elles sont pauvres en nectar et en pollen. De plus, selon Bramel *et al.* (2004) et Julianna & Rufus (2010), une température très élevée accompagnée d'une très faible humidité relative de l'air influencent négativement l'activité des insectes pollinisateurs au niveau des fleurs.

### III.3. Etho-écologie de butinage

#### III.3.1. Ethologie

Les fourmis recherchant le nectar entrent dans la corolle, suce le nectar. Les insectes pollinisateurs et surtout les fourmis peuvent visiter entre 1 à 3 fleurs sur une même plante. Le retour sur une fleur déjà visitée a été observé. Le passage des fourmis de plante en plante est très rarement observé.

Pour récolter le pollen, l'insecte entre dans la fleur sous la cuculle et se pose sur les étamines. Puis, à l'aide de ses mandibules, elle gratte rapidement les anthères pour y prélever le pollen.



Le passage de fleur en fleur se fait par le vol pour les insectes volants et par la marche pour les fourmis.

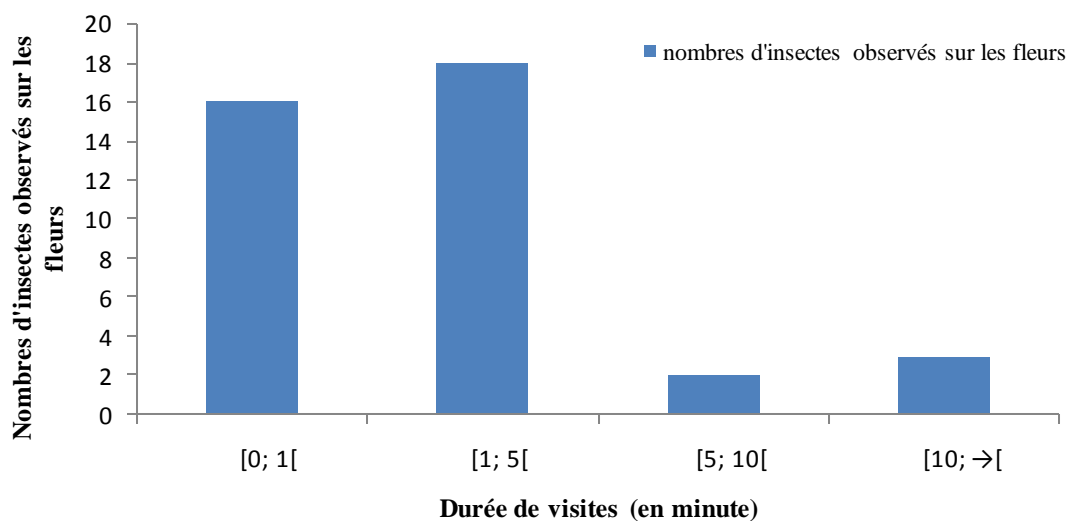


Figure 10. Nombres d'insectes observés et durée de visites sur les fleurs en fonction du temps

Les résultats illustrés par la figure 16 montrent que la majorité des insectes visiteurs de *T. cacao* ont une durée de visites généralement supérieure à une minute c'est-à-dire comprise entre 1 à 5 minutes. Ces insectes appartiennent aux familles suivantes : Formicidae, Milichidae, Drosophilidae, Phoridae, Staphylinidae et Carsidaridae. Ceux qui mettent moins d'une minute sont : les Aphididae, les Formicidae et les Cecidomyiidae ; les Formicidae étant majoritaires.

Sur une espèce végétale, la visite sélective des fleurs ouvertes se justifierait par le parfum que dégagent de telles fleurs (Tchuengem 2005). En période de forte floraison de chacune des essences étudiées, un parfum caractéristique se dégagerait donc de l'environnement immédiat des plantes porteuses dû au nombre élevé de fleurs épanouies.

### III.3.2. Ecologie

Certains insectes étaient perturbés dans leurs activités de butinage par d'autres insectes qui sont soit des prédateurs, soit des concurrents pour la recherche de pollen ou du nectar.

Ces perturbations avaient pour conséquence l'interruption de certaines visites. Ainsi, sur 41 visites des Formicidae 10(4,1%) ont été interrompues par d'autres. Les insectes ayant

subi de telles perturbations sont obligées de visiter d'autres fleurs libres dépourvus de compétiteurs et de prédateurs.

En dehors des Formicidae, le nombre de pollinisateur n'excède pas deux sur une même fleur ; au-delà des deux on assiste à une compétition intra-spécifique. Certains insectes au cours de leur visite seraient interrompus par d'autres soit de la même espèce, soit d'espèces différentes.

### III.4. Effet d'ajout des pseudo-troncs sur l'indice des fructifications de *Theobroma cacao* L.

Le tableau 3 donne le taux de fructification, le nombre de graines par cabosse et le pourcentage de graines normales dans le traitement 1 (fleurs en libre pollinisation et butinées par tous les insectes appartenant aux parcelles avec pseudos tronc de bananier) et le traitement 3 (fleurs en libre pollinisation et butinées par tous les insectes appartenant aux parcelles sans pseudos tronc de bananier).

Il ressort de ce tableau que :

- Le taux de fructification a été de 55 % dans le traitement 1 et de 10 % dans le traitement 3 ; la différence entre ces deux pourcentages est très hautement significative ( $\chi^2 = 9,23$  ;  $ddl = 1$  ;  $P < 0,001$ ).

Tableau 3. Taux de fructification selon les traitements aux pseudo-troncs de bananier ou non de *Theobroma cacao* à Nkolbisson.

Traitements	NFE	NCF	TF
1 (F1 pst)	20	11	55
3 (F1 psst)	20	2	10

NFE : nombre de fleurs étudiées ; NCF : nombre de cabosses formés ; TF : taux de fructification ; F1 pst : fleurs libres parcelles avec pseudos troncs ; F1 psst : fleurs libres parcelles sans pseudos troncs.

**CHAPITRE IV :  
IMPLICATION DIDACTIQUE**

## **IV.1. Notion de didactique et de pédagogie**

- La pédagogie désigne l'ensemble des méthodes et des techniques d'enseignement destinées à assurer une bonne transmission ou appropriation du savoir en fonction des données de la psychologie et de la physiologie de l'apprenant.

- La didactique d'une discipline étudie les différents processus de transmission des savoirs relatifs à une discipline considérée et leur acquisition par les élèves. L'objet d'étude est ici le système didactique formé par trois éléments qui sont : l'enseignant, les élèves, le savoir et la relation tertiaire qui les lie (contrat didactique)

- Le contrat didactique désigne l'ensemble des attentes réciproques, enseignants-apprenants qui s'établissent à propos de l'enseignement d'un savoir donné et qui tendent à définir le rôle, la fonction, la place de chacun dans le déroulement de cet enseignement. C'est une interaction entre l'enseignant et l'apprenant en relation avec le savoir. Selon Brousseau « le contrat didactique est l'ensemble des comportements spécifiques de l'enseignant qui sont attendus de l'élève et l'ensemble des comportements de l'élève qui sont attendus par l'enseignant ». On distingue deux types de savoir : le savoir savant qui est l'ensemble des connaissances brutes et le savoir enseigné qui désigne le savoir enseignable contenu dans les manuels scolaires.

- La transposition didactique est une action qui vise à rendre les savoirs enseignables et susceptibles d'être appris au prix de la simplification et d'une vulgarisation en rapport avec l'âge et les acquis préalables des apprenants.

- Dans le cadre de notre étude sur la biodiversité des insectes pollinisateurs et leurs activités de butinage sur les fleurs du cacaoyer, les résultats obtenus constituent un ensemble de connaissances brutes qui font parti du savoir savant. Pour une pratique de ces savoirs dans la salle de classe, il est important que ceux-ci soient transformés en savoir enseigner.

### Fiche Pédagogique de Préparation d'une leçon des SVT

**Etablissement :** Lycées et collèges d'enseignement générale

**Date :** .../.../....

**Thème :** comportement alimentaire des invertébrés

**Classe :** 5<sup>e</sup>

**Titre de la leçon :** quelques types de régimes alimentaires des invertébrés

**Effectif :** .....Garçons :.....Filles :...

**Durée :** 1 heure

**Période :** .....

**Objectifs Pédagogiques Opérationnels :** A la fin de cette leçon l'apprenant sera capable de distinguer les types de régimes

Alimentaires des invertébrés.

Étapes	ACTION	OPI	CONTENU	MATERIELS (OU SUPPORTS DIDACTIQUES)	ACTIVITES D'ENSEIGNEMENT/ APPRENTISSAGE	EVALUATIONS	DUREE
<b>INTRODUCTION</b>	-Préserver les insectes bénéfiques à l'homme -utiliser les méthodes susceptibles d'attirer les insectes bénéfiques à l'homme	1-Etablir le contrat enseignant apprenant	-Titre de la leçon : quelques types de régimes alimentaires des invertébrés -OPO : à la fin de cette leçon l'apprenant sera capable de distinguer les types des régimes alimentaires des invertébrés	-Programme de SVT/classe de 5 <sup>e</sup>	-Ecriture du titre de la leçon au tableau par l'enseignant -communication des OPO aux apprenants -prise des notes par les apprenants		
		2-Vérifier les prés requis	-Définir invertébré -citer quelques exemples d'invertébrés	Vécu quotidien	-l'enseignant pose les questions de l'évaluation diagnostique -les apprenants réfléchissent	Evaluation diagnostique : Q : définir invertébré R : les invertébrés sont	

Étapes	ACTION	OPI	CONTENU	MATÉRIELS (OU SUPPORTS DIDACTIQUES)	ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT/ APPRENTISSAGE	ÉVALUATIONS	DURÉE
					et répondent aux questions de l'évaluation diagnostique	des animaux qui n'ont pas de colonne vertébrale Q : citer quelques exemples d'invertébrés R : les vers de terre, les insectes	
		3-déterminer l'intérêt de la séquence d'apprentissage	Maîtriser les régimes alimentaires des invertébrés bénéfiques aux activités et à la santé de l'homme	Vécu quotidien	-l'enseignant amène les apprenants à déterminer l'intérêt de la leçon -les apprenants déterminent l'intérêt de la leçon	-Q : citer quelques invertébrés bénéfiques à l'action de l'homme -R : les fourmis, les abeilles	

<b>INTRODUCTION</b>		4-identifier et formuler le ou les problème(s) à résoudre	Problème scientifique : Qu'est ce qui augmente la fréquence des insectes ?	-situation problème	-présentation de la situation problème par l'enseignant  -identification et formulation du problème scientifique	Situation problème : la fréquence des insectes pollinisateurs augmente dans les parcelles avec pseudo tronc de bananier  Q : qu'est ce qui augmente la fréquence des insectes ?  R : la présence des pseudo troncs de bananiers	
<b>DEVELOPPEMENT</b>		Définir régime alimentaire	I-définition :  Le régime alimentaire est la qualité et la quantité d'aliment qu'un individu consomme par jour	Planches	Exploitation du document	Q : citer les différents types des régimes alimentaires  R :-consommateurs d'aliments solides  -consommateurs d'aliments liquides	

		Citer quelques régimes alimentaires	<p>II-Consommateur d'aliments solides</p> <p>1-les carnivores : se nourrissent d'autres animaux</p> <p>Exemple : les fourmis qui se nourrissent du nectar des fleurs</p> <p>2- les herbivores : qui se nourrissent d'herbes exemple : le criquet</p>	- planches Vécu quotidien	Exploitation du document	<p>Q : citer quelques consommateurs d'aliments solides</p> <p>R : les carnivores</p> <p>Les herbivores</p>	
		Citer les consommateurs d'aliments liquides	<p>III- les consommateurs d'aliments liquides.</p> <p>Parmi les insectes se nourrissant d'aliments liquides on peut citer le moustique et poux</p>	Vécu quotidien	Exploitation du document	<p>Q : Citer les insectes qui se nourrissent d'aliments liquides</p> <p>R : les moustiques les poux</p>	



		Citer un moyen de préservation des insectes utiles à l'homme	IV- moyens de préservation des insectes utiles à l'homme -pose des pseudo-troncs de bananiers	Planches	Exploitation du document	Q : citer un moyen de préservation des insectes utiles à l'homme  R : la pose des pseudo-troncs de bananiers dans le champ	
--	--	--	--	----------	--------------------------	--	--

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>CONCLUSION</b></p>	<p>-Synthèse des notions construites</p> <p>-ouverture de la prochaine séance</p>		<p>Evaluation sommative</p>	<p>Leçon du jour</p>	<p>Q : citer les différents types des régimes alimentaires des invertébrés</p> <p>R : -consommateurs d'aliments solides</p> <p>-consommateurs d'aliments liquides</p> <p>Q : conséquence de cette alimentation sur les activités de l'homme</p> <p>R : pollinisation des fleurs</p> <p>Q : moyen de préservation des insectes utiles à l'homme</p> <p>R : pose des pseudo-troncs dans le champ</p>	<p>Q : citer les différents types des régimes alimentaires des invertébrés</p> <p>Q : conséquence de cette alimentation sur les activités de l'homme</p> <p>Q : moyen de préservation des insectes utiles à l'homme</p>	
--	---	--	-----------------------------	----------------------	--	---	--

## **IV.2. Contenu spécifique**

**Titre de la leçon :** Quelques régimes alimentaires des invertébrés

### **Introduction :**

Les invertébrés en général et en particulier les insectes ont des régimes alimentaires variés qui peuvent être bénéfiques aux activités de l'homme

### **I. Définition : invertébrés**

Les invertébrés sont des individus qui ne possèdent pas la colonne vertébrale.

### **II. Les consommateurs d'aliments solides**

#### **1. Les carnivores**

Ce sont des invertébrés qui se nourrissent d'autres animaux. On peut citer :

- Les fourmis qui se nourrissent des insectes mais surtout du nectar des fleurs contribuant ainsi indirectement à la pollinisation de celles-ci.

Les araignées qui attrapent leurs proies à l'aide des toiles qu'elles tissent entraînant la destruction des insectes pollinisateurs.

#### **2. les herbivores**

Ce sont des invertébrés qui se nourrissent d'herbes et d'autres plantes. Comme exemple nous avons :

- Les criquets qui se nourrissent des feuilles des plantes en diminuant la production des légumes
- Les charançons qui consomment les graines et baissent la production des céréales

### **III. les consommateurs d'aliments liquides**

Ce sont des invertébrés qui possèdent buccales leur permettant de sucer des liquides. Comme exemple on peut citer :

- Les psylles ils sucent la sève des plantes et entraînent leur mort

- les moustiques qui consomment le sang des Animaux transmettant ainsi des maladies à l'homme.

#### **IV. les moyens de préservation des insectes utiles à l'action de l'homme**

- La pose des pseudo-troncs de bananiers

#### **Conclusion**

Les invertébrés ont des régimes alimentaires très variés qui peuvent être bénéfiques à l'activité de l'homme. On peut attirer les insectes utiles par la pose des pseudo-troncs de bananiers qui leur sert de niche écologique.

## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

L'objet visé dans notre travail était d'inventorier les insectes floricoles de *Theobroma cacao* L. afin d'améliorer la production de cette essence. Dans la parcelle expérimentale, sur 11 familles d'insectes recensés sur les fleurs de *Theobroma cacao* L., La famille de Formicidae vient en première position (51,30 % de 80 visites) suivi de Milichidae (11,30 %) et Aphididae (10 %). Que ce soit dans les parcelles avec pseudo-troncs ou sans pseudo-troncs, les Formicidae occupent toujours le premier rang avec un pourcentage de 72,97% et 27,5% respectivement. Les insectes floricoles butinent les fleurs de cette plante toute la matinée avec un pic entre 9 h et 10 h. Les ouvrières de Formicidae visitent les fleurs de *Theobroma cacao* L. pour récolter le nectar et le pollen. En comparant les rendements des fleurs libres dans des blocs avec pseudo-tronc et à ceux des fleurs laissées en libre pollinisation dans des parcelles sans pseudo-tronc, il apparaît que l'ajout de pseudo troncs de bananier intervient dans l'augmentation de la fructification via son effet sur les insectes pollinisateurs pour 81,81 % dans l'augmentation du taux de fructification. Ces augmentations des rendements sont statistiquement significative et se justifie par l'action positive des insectes sur la pollinisation des fleurs de *Theobroma cacao* L.

Dans nos futurs travaux, nous envisageons :

- mener d'autres investigations similaires en plantation paysanne ;
- approfondir l'étude de la pollinisation entomophile de *Theobroma cacao*, par la pose des structures de nidification de insectes dans les plantations expérimentales ;
- étendre les travaux à d'autres plantes cultivées dans d'autres zones Agro-écologiques du Cameroun.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- Adamou M., Tchuenguem F. F. - N. (2014) Foraging and pollination behavior of *Apis mellifera adansonii* Latreille. (Hymenoptera : Apidae) on *Brachiaria brizantha* (Mochst. Ex A. Rich.) Stapf. 1919 flowers at Dang (Ngoundéré - Cameroon). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 4 (6) : 62 - 74.
- Arbonnier M., 2000. *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*. CIRAD-MNHN-UICN, Montpellier, 541p.
- Asiwe J. A. N. (2009) Insect mediated outcrossing and gene flow in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp): implication for seed production and provision of containment structures for genetically transformed cowpea. *African Journal of Biotechnology*, 8 (2) : 226 - 230.
- Assoumou J. (1977) *L'économie du cacao*. Ed. Universitaires. Paris (France). 380p.
- Azo'o E. M., 2013. Diversité des insectes anthophiles et impact de leur activité sur les rendements de *Cucumeropsis mannii* Naud., *Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf. (Cucurbitaceae) et *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. (Malvaceae) au Cameroun. Thèse de Doctorat/Ph.D, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I, 200 p.
- Azo'o E. M., Messi J., Tchuenguem F. F. - N., Tamesse J. L., Kekeunou S., Pando J. B. (2010) Foraging behaviour of *Apis mellifera adansonii* and its impact on pollination, fruit and seed yields of *Citrullus lanatus* at Nkolbisson (Yaoundé, Cameroon). *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 6 (1) : 41 - 48.
- Bergman J. F., 1969. The distribution of cocoa cultivation in precolombian. *Ann. Ass. Am. Geo.* 59: 85 – 96.
- Borror D. J., White R. E. (1991) *Les insectes de l'Amérique du Nord* (au nord du Mexique). Broquet (éd.), Laprairie, 408 p.
- Bramel J., Kiran S., Reddy J., Ford-Lloyd B. & Chandra S., 2004. Degree and distribution of pigeon pea landrace morphological diversity in traditional cropping systems in Andhra Pradesh. In : Bramel PJ, editor. Assessing the risk of losses of biodiversity in traditional cropping systems : A case study of pigeon pea in Andhra Pradesh. ICRISAT, Patancheru Andhra Pradesh, India, pp. 1 - 45.
- Braudeau J., 1969. *Le Cacaoyer*. Paris : G. P. Maisonneuve et Larousse (OCLC 4816064).



- Chacoff N. P., Aizen M. A. (2007) Pollination Requirements of Pigmented Grapefruit (*Citrus paradisi* Macf.) from Northwestern Argentina. *Crop Science*, 47 : 1143 - 1150.
- Delvare G. & Arbelenc H. P., 1989. *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale* : Clés pour la reconnaissance des familles. CIRAD (ed.), Montpellier, 297 p.
- Desquesne P. H. (1996) Apiculture tropicale en Afrique de l'Ouest. *L'abeille de France*, 813 : 131 - 132.
- Djonwangwé D., Tchuenguem F. F. - N., Messi J. (2011b) Foraging and pollination activities of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera : Apidae) on *Ximenia americana* (Olacaceae) flowers at Ngaoundéré (Cameroon). *International Research Journal of Plant Science*, 2 (6) : 170 - 178.
- Djonwangwé D. (2013) Activités de butinage et de pollinisation de *Apis mellifera adansonii* Latreille (Apidae, Apinae) sur les fleurs de trois plantes à Ngaoundéré (Cameroun). Thèse de Doctorat/Ph.D., Université de Yaoundé I, 207 p.
- Douka C., Tchuenguem F. F. - N. (2013) Foraging and pollination behavior of *Apis mellifera adansonii* L. (Hymenoptera, Apidae) on *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae) flowers at Maroua (Cameroon). *International Journal of Plant Sciences*, 4(2) : 45 - 54.
- Douka C. & Tchuenguem F. F. - N., 2014. Foraging and pollination activity of *Musca domestica* L. (Diptera : Muscidae) on *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) flowers at Maroua, Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 4 (3) : 63 - 76.
- Eardley C. D., Kuhlmann M., Pauly A. (2010) *Les genres et sous-genres d'abeilles de l'Afrique subsaharienne*. ABC Taxa 9, 152 p.
- Fameni T. S., 2014. Efficacité pollinisatrice de quelques insectes sur deux plantes à Ngaoundéré (Adamaoua, Cameroun) : *Callistemon rigidus* R. Br. (Myrtaceae) et *Phaseolus coccineus* L. (Fabaceae). Thèse de Doctorat/Ph.D., Université de Ngaoundéré, 137 p.
- Fameni T. S., Tchuenguem F. F. N., Brückner D. (2012) Pollination efficiency of *Apis mellifera adansonii* (Hymenoptera : Apidae) on *Callistemon rigidus* (Myrtaceae) flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *International Journal of Tropical Insect Science*, 32 (1) : 2 - 11.

- FAO. (2009b) Les pollinisateurs : Un élément négligé de la biodiversité, important pour l'alimentation et l'agriculture, Tunis, 14 p.
- Gallais A., Bannerot H. (1992) *Amélioration des espèces végétales cultivées*. INRA, Paris. 768 p.
- Guerriat H. (1996) *Etre performant en apiculture*. Guerriat (ed.), Daussois, 416 p.
- Hoyle M., Cresswell J. E. (2009) Maximum feasible distance of windborne cross-pollination in *Brassica napus* : a 'mass budget' model. *Molecular Ecology*, 220 : 1090 - 1097.
- Jacob - Remacle A. (1989) Comportement de butinage de l'abeille domestique et des Abeilles sauvages dans des vergers de pommiers en Belgique. *Apidologie*, 20 (4) : 271 - 285.
- Jacob - Remacle A. (1990) Abeilles sauvages et pollinisation. Unité de Zoologie Générale et Appliquée de la Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique, 40 p.
- Jauker F., Wolters V. (2008) Hover flies are efficient pollinators of oilseed rape. *Oecologia*, 156 : 819 - 823.
- Jean - Prost P. (1987) *Apiculture: Connaître l'abeille - conduire le rucher*. 6<sup>ème</sup> édition. Lavoisier (ed.), Paris, 579 p.
- Julianna K. T. & Rufus I., 2010. Weather during affects pollination and yield of highbush blueberry. *Journal of Economic Entomology*, 103 (3) : 557 - 562.
- Julier H. E., Roulston T. H. (2009) Wild bee abundance and pollination service in cultivated pumpkins : Farm management, behavior and landscape effects. *Journal of Economic Entomology*, 102 : 563 - 573.
- Kaufmann T (1975) Studies on the ecology and biology of a cocoa pollinator, *Forcipomyia squamipennis* I. and M. (Diptera, Ceratopogonidae), in Ghana. *Bulleting of Entomological Research* 65: 263-268
- Kendall D. A., Smith B. D. (1976) The pollinating efficiency of honey bee and Bumble bee visits to flowers of runner bean *Phaseolus coccineus*. *Journal of Applied Ecology*, 13 (3) : 749 - 752.
- Kingha T. M. B., Tchuengem F. F. - N., Ngakou A., Brückner D. (2012) Foraging and pollination activities of *Xylocopa olivacea* (Hymenoptera : Apidae) on *Phaseolus*

- vulgaris* (Fabaceae) flowers at Dang (Ngaoundere - Cameroon). *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 4 : 330 - 339.
- Kingha T. M. B. (2014)Entomofaune floricole et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers de *Arachis hypogaea* L. et *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) à Dang (Ngaoundéré-Cameroun). Thèse de Doctorat/Ph.D., Université de Ngaoundéré, 139 p.
- Klein E. K., Lavigne C., Picault H., Renard M., Gouyon P. (2006) Pollen dispersal of oilseed rape : Estimation of the dispersal function and effects of field dimension. *Journal of Applied Ecology*, 43 : 141 - 151.
- Klein A. M., Vaissière, B. E., Cane J. H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S. A., Kremen C., Tscharntke T. (2007) Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society, London (B)*, 274 : 303 - 313.
- Koltowski Z., 2004. Flowering biology, nectar secretion and insect foraging of runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *Journal of Apicultural Science*, 48 (2) : 53 - 60.
- Kumova U., Saglantimur T., Korkmaz A. (2001) Recherche on honey bee (*Apis mellifera*) foraging preferences among varieties of *Phacelia tonacetifolia* Bentham). *Mellifera*, 1 (1) : 60 - 64..
- Mazi S., Tchuenguem F. F. - N., Brückner D. (2013)Foraging and Pollination Behaviour of *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera : Apidae) on *Gossypium hirsutum* (Malvaceae) Flowers at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3 : 267 - 280.
- Mazi S., Tchuenguem F. F. - N., Brückner D. (2014)Foraging and pollination behavior of *Chalicodoma rufipes* L. (Hymenoptera: Megachilidae) on *Cajanus cajan* L. Mill sp. (Fabaceae) flowers at Dang (Ngaoundere, Cameroon). *International Journal of Agronomy and Agricultural Researc*, 4 (4) : 77 - 88.
- Mc Gregor S. E. (1976) Insect pollination of cultivated crop plants. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture, *Agriculture Handbook*, Washington DC : 496, 411 p.
- Michel N., Bierna M., Greuse M. J., Decot B., Cloes G., Rafamatamantsoa L. E. (1994) L'apiculture. Echos du cota. Bulletin trimestriel d'information du COTA asbl, n° 65 : 15 p.

- Milfont M. O., Epifania E. M., Rocha, Afonso O. N., Lima, Freitas B. M. (2013) Higher soybean production using honeybee and wild pollinators, a sustainable alternative to pesticides and autopollination. *Environmental Chemistry Letters* Doi 10.1007/S 10311 – 013 – 0312 .8.
- MINADER, 2010. Annuaire des Statistiques du Secteur Agricole, Campagnes 2007 & 2008. Direction des Enquêtes et Statistiques AGRI - STAT CAMEROUN n° 16, 98 p.
- Mooney E. H., McGraw J. B., (2007) Effects of self-pollination and outcrossing with cultivated plants in small natural populations of American ginseng, *Panax quinquefolius* (Araliaceae). *American Journal of Botany*, 94 (10) : 1677 - 1687.
- Mossu G., 1990. Le cacaoyer. Maisonneuve et Larousse (Paris). 321p.
- Morison N., Vaissière B. E., Martin F., Pécaut P., Cambon G. (2000a) Pollinisation de l'artichaut (*Cynara scolymus* L.) par l'abeille domestique (*Apis mellifera* L.) en production de semences hybrides sous abris grillagés. *Apidologie*, 31 : 115 - 128.
- Mutsaers M. (1991) Bees in their natural environment in south Western Nigeria. *The Nigerian Field*, 56 : 3 - 18.
- Nke Ndi J. (2008). Déforestation au Cameroun : causes, conséquences et solutions. *Alternatives Sud*, 15 : 155-175.
- Pando J. B., Tchuengue F. F. - N., Tamesse J. L. (2011a) Foraging and pollination behaviour of *Xylocopa calens* (Hymenoptera : Apidae) on *Phaseolus coccineus* L. (Fabaceae) flowers at Yaoundé (Cameroon). *Journal of Entomological Research*, 41 : 185 - 193.
- Pando J. B., Tchuengue F. F. - N., Tamesse J. L. (2011b) Pollination and yield responses of pigeon pea (*Cajanus cajan* L. Millsp.) to the foraging activity of *Chalicodoma cincta cincta* (Hymenoptera : Megachilidae) in Yaoundé (Cameroon). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 11 (1) : 1346 - 1357.
- Pando J. B., Tchuengue F. F. - N., Tamesse J. L. (2013) Activité de butinage et de pollinisation de *Xylocopa olivacea* Fabricius 1787 (Hymenoptera: Apidae) sur les fleurs de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. 1843 (Fabaceae) à Yaoundé - Cameroun. *Entomologie faunistique - Faunistic Entomology*, 66 : 47 - 59..

- Pesson P., Louveaux J. (1984) *Pollinisation et production végétales*. INRA, Paris, 663 p.
- Philippe J. M. (1991) La pollinisation par les abeilles : pose des colonies dans la culture en floraison en vue d'accroître les rendements des productions végétales. EDISUD la calade Aix - en - Provence. 179 p.
- Pierre J., Vaissière B. E, Vallée P., Renard M. (2010) Efficiency of airborne pollen released by honeybee foraging on pollination in oilseed rape : a wind insect - assisted pollination. *Apidologie*, 41 : 109 - 115..
- Reddy L. J., Chandra S., Pooni H., Bramel P. J. (2004) Rate of outcrossing in pigeon pea under intercropped conditions. *In : Assessing the Risk of Losses in Biodiversity in Traditional Cropping Systems : A Case Study of Pigeon pea in Andhra Pradesh*. ICRISAT, Bramel P.J. (ed.), Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India, pp. 133 – 141.
- Rust R. W., Vaissière B. E., Westrich P. (2003) Pollinator biodiversity and floral resource use in *Ecballium elaterium* (Cucurbitaceae), a Mediterranean endemic. *Apidologie*, 34 : 29 - 42.
- Saunders E. 1908. Hymenoptera Aculeata collected in Algeria. Part III—Anthophila. *Transactions of the Entomological Society of London* 2: 177-273.
- Saxena K. B., Singh L., Gupta M. D. (1990) Variation for natural out-crossing in pigeon pea. *Euphytica*, 46 : 143 - 148.
- Segeren P., Mulder V. Beetsma J., Sommeijer R. (1996) *Apiculture sous les tropiques*. Agrodok 32, 5<sup>ème</sup> ed., Agromisa, Wageningen, 88 p.
- Singh L., Gupta S. C., Faris D. G. (1990) Pigeon pea : Breeding. *In : The pigeon pea* CAB International, Nene Y. L., Hall S. D. & Sheila V. K. (eds), Wallingford, Oxon, UK, pp. 375 - 399.
- Soria J. V. (1961). El mejoramiento del cacao. *In: Hardy F. Manual del cacao*, Turrialba, Costa Rica. Instituto Interamericano de ciencias Agrícolas. Pp. 358 – 380.
- Tchindébé G., Tchuengem F. F. - N. (2014) Foraging and pollination activity of *Apis mellifera adansonii* L. (Hymenoptera : Apidae) on flowers *Alium cepa* L. (Liliaceae) at Maroua, Cameroon. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 5 (2) : 139 - 153.

- Tchuenguem F. F. - N., (1993). Activité des insectes anthophiles et son impact sur les rendements de deux plantes cultivées au Cameroun : *Zea mays* Linné (Gramineae) et *Arachis hypogaea* Linné (Papilionaceae). Thèse de Doctorat 3<sup>ème</sup> Cycle, Université de Yaoundé I, 133 p.
- Tchuenguem F. F. - N. (2005) Activité de butinage et de pollinisation d'*Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera : Apidae, Apinae) sur les fleurs de trois plantes à Ngaoundéré (Cameroun) : *Callistemon rigidus* (Myrtaceae), *Syzygium guineense* var. *macrocarpum* (Myrtaceae) et *Voacanga africana* (Apocynaceae). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Yaoundé I, 103 p.
- Tchuenguem F. F. - N., Messi J. (1998a) Diversité des insectes floricoles de *Zea mays* L. (Poaceae) à Nkolbisson (Yaoundé-Cameroun). *Biosciences Proceedings*, 7 (1) : 173 - 177.
- Tchuenguem F. F. - N., Djonwangwé D., Messi J., Brückner D. (2007) Exploitation des fleurs de *Entada africana*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Psidium guajava* et *Trichillia emetica* par *Apis mellifera adansonii* à Dang (Ngaoundéré, Cameroun). *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 3 : 50 - 60.
- Tchuenguem F. F. - N., Djonwangwé D., Brückner D. (2008a) Foraging behaviour of the African honey bee (*Apis mellifera adansonii*) on *Annona senegalensis*, *Croton macrostachyus*, *Psorospermum febrifugum* and *Syzygium guineense* var *guineense* flowers at Ngaoundéré (Cameroon). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11 : 719 - 725.
- Tchuenguem F. F. - N., Djonwangwé D., Messi J., Brückner D. (2008b) Exploitation of *Dichrostachys cinerea*, *Vitellaria paradoxa*, *Persea americana* and *Securidaca longepedunculata* flowers by *Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera : Apidae) at Dang (Ngaoundéré, Cameroon). *International Journal of Tropical Insect Science*, 28 : 225 - 233.
- Tchuenguem F. F. - N., Djonwangwé D., Messi J., Brückner D. (2009a) Activité de butinage et de pollinisation d'*Apis mellifera adansonii* sur les fleurs de *Helianthus annuus* (Asteraceae) flowers à Ngaoundéré (Cameroun). *Cameroon Journal of Experimental Biology*, 5 : 1 - 9.

- Vaissière B. E. (2002) Abeilles et pollinisation. *Le courrier de la nature*, 196 : 24 - 27.
- Vaissière B. E., Izard D. (1995) La pollinisation, un facteur à ne pas négliger. *Fruits et Légumes*, 57 - 60.
- Vaughton G., Ramsey M., Johnson S. D. (2010) Pollination and late-acting self-incompatibility in *Cyrtanthus breviflorus* (Amaryllidaceae) : implications for seed production. *Annals of Botany*, 106 : 547 - 555.
- Vaz G. V., De Olivera D., Ohashi O. S. (1998) Pollinator contribution to the production of cowpea on the Amazon. *Horticultural Science*, 33 : 1157 - 1159.
- Vera B. J., 1987. Antecedentes históricos. Manuel del cultivos de cacao. INIAP, EET-Pichilingue. Quevedo, Ecuador, pp. 10 – 15.
- Villières B. (1987) *L'apiculture en Afrique Tropicale*. Dossier «Le point sur» n° 11, GRET, Paris, 220 p.
- Williams I. H & Free J. B. (1975) The pollination and set of the early flowers of runner bean (*Phaseolus multiflorus* L.). *Journal of Horticultural Science*, 50: 405 - 413.
- Winder, J. A (1977) "Field Observations on Ceratopogonidae and Other Diptera: Nematocera Associated with Cocoa Flowers in Brazil," *Bulletin of Entomological Research*, 67 (1): 57-63.
- Woese C. R., Kandler O., Wheelis M. L. (1990) "Towards a Natural System of Organisms : Proposal for the domains Archaea, Bacteria and Eucarya". *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 87: 4576 - 4579.
- Yocum G. D., Rinehart J. P., West M., Kemp W. P. (2010) Interrupted incubation and short-term storage of the Alfalfa pollinator *Megachile rotundata* (Hymenoptera : Megachilidae) : A potential tool for synchronizing bees with bloom, 103 (2) : 234 - 241.
- Young AM. (1984). Flowering and Fruts-setting patterns of coco trees (*Theobroma cacao* L.) (Sterculiaceae) at three localities in Costa Rica. *Turrialca*, 34 (2): 129-142.
- Young AM (1986) Habitat differences in cocoa tree flowering, fruit-set and pollinator availability in Costa Rica. *Journal of tropical Ecology* 2: 163-186.





**ANNEXES**

Ordre	Famille	Espèces		
	Formicidae	7	41	51,25
Hymenoptera	Myrmaridae	1	03	3,75
Coleoptera	Staphilinidae	1	01	1,25
Hemiptera	Aphididae	2	08	10,00
Diptera	Drosophilidae	2	02	2,50
	Cecidomyiidae	1	02	2,50
	Milichidae	5	09	11,25
	Carsidaridae	3	05	6,25
	Chironomidae	1	03	3,75
	Muscidae	1	02	2,50
	Phoridae	1	04	5,00
Total	11	25	80	100

**Annexe 1** : Insectes recensés sur les fleurs de *Theobroma cacao*, nombre et pourcentage des visites des différents insectes.

n : nombre des visites sur 80 fleurs de *T. cacaoyer* en 90 heures d'observations réparties sur 30 jours d'observations ; P : pourcentage des visites =  $(n / 80) \times 100$ .

**Annexe2** : Insectes recensés sur les fleurs de *Theobroma cacao*, nombre et pourcentage des visites des différents insectes sur les parcelles avec pseudo-troncs

Insectes				
Ordres	Familles	Espèces	n	p (%)
Hymenoptera	Formicidae	5	27	72,97
Hemiptera	Aphididae	2	6	16,22
Diptera	Milichidae	2	2	5,41
	Drosophilidae	1	1	2,7
Coleoptera	Staphilinidae	1	1	2,70
Total	5	11 espèces	37	100

n : nombre des visites sur 80 fleurs de *Theobroma cacao* en 90 heures d'observations réparties sur 30 jours d'observations ; P : pourcentage des visites =  $(n / 37) \times 100$ .

**Annexe3** : Insectes recensés sur les fleurs de *Theobroma cacao*, nombre et pourcentage des visites des différents insectes sur la parcelle sans pseudo-troncs de bananier.

Insectes			n	p (%)
Ordre	Famille	Espèces		
Hymenoptera	Formicidae	6	14	32,56
	Mymaridae	1	03	6,98
Hemiptera	Aphididae	1	08	10,39
Diptera	Drosophilidae	1	02	2,60
	Cecidomyiidae	1	02	2,60
	Milichidae	3	09	11,70
	Carsidaridae	3	05	6,50
	Chironomidae	1	03	2,60
	Muscidae	1	01	1,30
	Phoridae	1	04	5,20
Total espèces	10	19	51	100

n : nombre des visites sur 80 fleurs de *Theobroma cacao* en 90 heures d'observations réparties sur 30 jours d'observations ; P : pourcentage des visites =  $(n / 43) \times 100$ .

Annexe4 : Insectes recensés sur les fleurs de *Theobroma cacao*, produits floraux récoltés (P = pollen N = nectar)

