

Utilisation de deux méthodes pour évaluer l'abondance et la diversité des coléoptères dans différents habitats

[Use of two methods to assess beetle abundance and diversity in different habitats]

Kouadio Dagobert KRA¹, Koffi Eric KWADJO¹, Bleu Gondo DOUAN², Mamadou DOUMBIA¹, and Konan Lucien Kouamé¹

¹Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Université Peleforo Gbon Coulibaly, Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This work was carry out in west-central park of region of Côte d'Ivoire, precisely in Oumé. Trapping methods (first method with Malaise traps, pitfall traps and yellow traps), soil monoliths and Winkler bags (second method) were used to collect beetles. The combination of these methods allowed to collect 3820 individuals, with 2419 individuals for the first method and 1401 individuals for the second method. From specimen's identification, the first method allowed to collect 30 families (epigeed beetles) and the second 32 families (hypogeous beetles). Ten and twelve exclusive families were identified for the first and second methods, respectively. In contrast, 20 families common to both sampling levels were identified. The Malaise traps collected more individuals in mixed-crops fields for the first method and winkler bags collected more individuals in secondary forests for the second method. Although the difference of collects, combining different methods of trapping is recommended for the best sampling of Coleopteran.

KEYWORDS: Malaise trap, pitfall trap, trapping, habitats, diversity, hypogeous beetles, epigeed beetles.

RESUME: Ce travail s'est réalisé dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire, précisément à Oumé. Les méthodes de piégeage (première méthode avec les pièges Malaise, pièges à fosse, pièges jaunes), des monolithes de sol et des sacs Winkler (deuxième méthode) ont été utilisées pour la collecte des coléoptères dans différents habitats. La combinaison de ces méthodes a permis de collecter 3820 individus, avec 2419 individus pour la première méthode et 1401 individus pour la deuxième méthode. De l'identification de ces individus, la première méthode a permis de collecter 30 familles (coléoptères épigés) et la deuxième 32 familles (coléoptères hypogés). Dix et douze familles exclusives ont été identifiées respectivement pour la première et la deuxième méthode. En revanche, 20 familles communes aux deux niveaux d'échantillonnage ont été identifiées. Les pièges Malaise ont collecté plus d'individus dans les cultures vivrières pour la première méthode et les winklers ont collecté plus d'individus en forêt secondaire pour la deuxième méthode. Malgré la différence des collectes, la combinaison de différentes méthodes de piégeage est recommandée pour un meilleur échantillonnage des Coléoptères.

MOTS-CLEFS: Piège malaise, piège fosse, piégeage, habitats, diversité, coléoptères hypogés, coléoptères épigés.

1 INTRODUCTION

Les coléoptères affectent ou colonisent les communautés locales en jouant plusieurs rôles sur leur régime alimentaire et la décomposition de la litière [1]. Ils peuvent donc être utilisés pour répondre aux grandes questions de biodiversité, en termes de richesse en espèces et de processus écosystémiques. Beaucoup de taxons et de systèmes d'échantillonnage ont été utilisés en vue de caractériser les groupes d'insectes. Les études initiales de la biodiversité des forêts sont relatives aux forêts tropicales [2], [3]. En Côte d'Ivoire, les premières récoltes entomologiques remontent à plus de deux siècles [4].

Mais, depuis 1962, plusieurs entomologistes se sont succédés à Lamto [5], [6] après ceux qui ont séjourné à l'ORSTOM d'Adiopodoumé depuis 1948 dans le but d'enrichir les connaissances sur la faune entomologique de la Côte d'Ivoire. Les techniques habituelles utilisées sont la récolte à vue sur la végétation et le sol, le fauchage et le battage. Les études utilisant plusieurs méthodes de piégeages pour estimer la diversité et l'abondance d'un groupe d'insectes sont rarement menées. Pourtant, de telles études dans un pays où l'agriculture est très développée permettraient d'évaluer l'impact de cette agriculture sur ces arthropodes. C'est dans ce cadre que deux techniques d'échantillonnage ont été utilisées pour évaluer la diversité et l'abondance des coléoptères dans plusieurs modes d'utilisation du sol. La présente étude consiste donc à comparer les collectes réalisées par ces deux techniques.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEUX D'ETUDE

Le site d'étude est situé dans le département d'Oumé plus précisément dans le village de Goulikao (6°30 latitude nord; 5°31 longitude ouest). Le choix de la région d'Oumé s'explique par le fait que cette région correspond à l'ancienne boucle du cacao en Côte d'Ivoire qui a donc subie, et continue de subir, une exploitation agricole intense mais qui possède toujours des reliques de forêts humides. Le site d'étude comprend une zone anthropisée comprenant les cultures de divers types et correspondant au domaine rural, et une zone relativement protégée comprenant une forêt non exploitée et des parcelles de reboisements de différents âges appelé domaine de la SODEFOR.

L'échantillonnage s'est déroulé dans ces deux domaines, suivant une grille de 107 points d'échantillonnage séparés de 200 m de distance les uns des autres. Sur cette grille huit modes d'utilisation du sol ou habitats ont été choisis comme représentatifs dans la région : les cacaoyères (C), les cultures vivrières (V), les jachères (J), les reboisements plurispécifiques (RPS), les plantations de teck de 10 ans (TK10), les plantations de teck de 4 ans (TK4), la forêt secondaire (FS) et la forêt primaire (FP). Dans chaque habitat ou mode d'utilisation du sol, 4 sites ont été choisis et échantillonnés. Les quatre sites représentent les 4 répétitions pour chaque habitat ou mode d'utilisation du sol. Les transects sont tracés sur chaque site.

2.2 PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE

Une combinaison de 3 types de piège pour les coléoptères épigés a été utilisée: les pièges à fosse ou pitfall traps, les bacs jaunes (bacs jaunes au sol ou aériens) et les pièges Malaise.

Les pièges à fosse sont susceptibles de capturer les insectes qui se déplacent au sol. Les pièges jaunes sont des pièges réalisés avec des assiettes plastiques de couleur jaune de 15 cm de diamètre et de 10 cm de profondeur pour attirer les insectes floricoles. Le piège Malaise est pour ceux qui se déplacent beaucoup en volant. Le protocole utilisé et modifié est celui de [7], [8] et [9] compte tenu de la physionomie du terrain. Ces auteurs estiment que les pièges doivent être éloignés d'une dizaine de mètres les uns des autres et placés en ligne. Ceci permet de réduire les captures inférieures à 1% et d'éviter les interférences entre les mêmes types de piège. En effet, l'utilisation des autres types de pièges (bac jaune et piège Malaise) et le tracé de transect de 50 m de longueur au lieu de 100 m constituent les modifications majeures apportées à ce protocole. Ainsi, 2 transects de 50 m de longueur chacun distants de 10 m furent tracés sur chaque site. Chaque transect est divisé en 5 points espacés de 10 m. À chaque point du transect, un piège à fosse et une assiette jaune distants de 1 m sont disposés de sorte à avoir 10 pièges à fosse et 10 pièges jaunes au sol par site. Un support de 2 m de hauteur avec 3 petits cerceaux à différentes hauteurs (50, 75 et 200 cm) sur lesquels 3 assiettes jaunes sont disposées est placé à 1 m des deux autres pièges. Trois supports sont placés par site. Deux pièges Malaise orientés perpendiculairement l'un à l'autre sont placés de part et d'autre des deux transects. Au total, 31 pièges sont placés par site.

Du formol à 2%, additionné d'une très faible quantité de détergent (savon liquide), est utilisé comme liquide fixateur pour les pièges à fosse et les pièges jaunes. De l'alcool à 70% est utilisé pour les Malaises ainsi que la conservation des insectes. Deux jours après la pose des pièges, le contenu de chaque type de piège est renversé dans une boîte et étiquetée.

Le protocole ALL [10] pour les coléoptères hypogés a été utilisé. Il utilise en même temps les sacs Winkler et pièges à fosse. Pour la collecte des coléoptères du sol, les pièges à fosse n'ont pas été pris en compte car utilisés séparément. Cinq quadrats de surface 1 m² ont été établis sur les transects de 50 m. Pour chacun des quadrats, la litière collectée est tamisée sur place à l'aide d'un tamis spécial dont les mailles ont une taille de 1 x 1 cm, permettant non seulement de réduire la litière à sa partie la plus fine mais aussi d'y concentrer la faune. Ce qui donne 5 échantillons de litière. De retour au laboratoire, la litière fine est renversée dans des petits sacs perforés qui sont suspendus dans les minis sacs Winkler pendant 48 heures pour en extraire la faune. Les sacs Winkler fonctionnent comme les appareils de Berlèse mais sans source de chaleur: la faune migre vers le bas et tombe dans un réceptacle contenant de l'alcool au fur et à mesure que la litière se dessèche [11].

Concernant la méthode des monolithes, un monolithe de sol de dimension 30 cm x 30 cm x 30 cm distants de 10 m par rapport au point d'échantillonnage de la litière, a été extrait [12]. Le monolithe est situé sur une ligne perpendiculaire au transect et 5 monolithes sont prélevés par transect. L'extraction consiste à délimiter un carré de 30 cm de côté et à creuser autour de celui-ci, une tranchée de 15 à 20 cm de largeur et 35 cm de profondeur, de manière à isoler un cube de 30 cm d'arrête. La litière est d'abord triée à vue d'œil, ensuite le monolithe est coupé en deux tranches (de 0 à 15 cm et de 15 à 30 cm). Chaque tranche est triée séparément et constitue un échantillon distinct. Un pilulier pour la conservation des spécimens est prévu pour chaque tranche. Les spécimens pris dans la litière font partie de l'échantillon de 0 à 15 cm.

L'échantillonnage, d'une durée d'un mois, s'est déroulé à la même période au cours de deux années consécutives (fin juin 2004 et fin juin 2005).

Cette période correspond à la fin de la grande saison des pluies. Pour chaque campagne d'échantillonnage, 32 points ont été échantillonnés.

2.3 ANALYSE DES DONNEES

L'étude comparative de l'abondance et de la diversité des huit types d'utilisation du sol a été faite à l'aide du test non paramétrique de Kruskal-Wallis (ANOVA) avec le logiciel STATISTICA. L'identification a été possible grâce aux clés [13], [14], logiciel [15] et [16]. L'utilisation de photos de spécimens a également été d'une grande utilité.

L'indice de Shannon-Wiener a été utilisé pour estimer la diversité. Cet indice est une application de la théorie de l'information. Pour chaque individu d'un échantillon donné, cet indice mesure la quantité moyenne d'informations données par l'indication de l'espèce. Il est influencé aussi bien par la richesse spécifique que par les espèces dominantes. Cet indice, par sa faible corrélation avec la taille de l'échantillon, permet une estimation non biaisée de la diversité d'un peuplement à partir de celui-ci [17]. Cet indice a été calculé par la version 7.0 du programme EstimateS mise au point par [18].

3 RESULTATS

Les deux méthodes d'échantillonnage ont permis de collecter 3820 individus dont 3284 ont pu être identifiés. Tous ces individus se répartissent en 42 familles. Pour la première méthode, 30 familles ont été identifiées à partir de 2195 individus récoltés. Concernant la deuxième méthode, 32 familles ont été identifiées avec 1089 individus. Dix et douze familles exclusives ont été identifiées respectivement pour la première et la deuxième méthode. Pour la première méthode il s'agit des Apionidae, Attelabidae, Buprestidae, Cantharidae, Coccinellidae, Elateridae, Lycidae, Oedemeridae, Phalacridae, Platypodidae. Concernant la deuxième méthode, ce sont les Agyrtidae, Alleculidae, Byrrhidae, Cucujidae, Cryptophagidae, Dytiscidae, Endomychidae, Monotomidae, Mycetophagidae, Ptinidae, Scaphidiidae, Zophoridae. En revanche, 20 familles communes aux deux niveaux d'échantillonnage ont été identifiées.

3.1 ABONDANCE

Pour l'ensemble des milieux échantillonnés, le nombre moyen d'individus obtenu est plus élevé pour la première méthode que pour la seconde.

Cette différence est plus marquée pour les plantations de teck de 4 ans, les cacaoyères et les cultures vivrières au niveau desquelles 2 fois plus d'individus sont collectés avec la première méthode. Dans ces milieux, l'effectif moyen est respectivement de 28,25 ; 88,5 ; 112,75 individus par site pour la première méthode et 9,75 ; 17,25 ; 33 individus par site pour la deuxième méthode. Par ailleurs, les analyses statistiques indiquent des différences significatives entre les deux niveaux d'échantillonnage pour les plantations de teck de 4 ans ($p = 0,002$), les cacaoyères ($p = 0,004$) et les cultures vivrières ($p = 0,003$). Par contre, il n'y a pas de différence significative entre les deux niveaux d'échantillonnage pour les autres habitats (Tableau 1).

Tableau 1. Effectif moyen d'individus collectés par méthode d'échantillonnage

| Habitats | Nombre d'individus | | p |
|-----------------------------|--------------------|-------------|-------|
| | M1 | M2 | |
| Forêt primaire | 64,75±6,41 | 47,25±11,13 | 0,222 |
| Forêt secondaire | 75,75±4,66 | 61±11,58 | 0,564 |
| Reboisement plurispécifique | 55±15,13 | 25,75±6,14 | 0,248 |
| Teck de 10 ans | 37,75±3,07 | 23±5,61 | 0,061 |
| Teck de 4 ans | 28,25±1,84 | 9,75±3,15 | 0,002 |
| Cacaoyère | 88,5±15,19 | 17,25±5,25 | 0,004 |
| Jachère | 86±11,39 | 55,25±13,39 | 0,131 |
| Culture vivrière | 112,75±15,73 | 33±4,51 | 0,003 |

Moyenne ± erreur standard, M1: coléoptères épigés, M2: coléoptères hypogés

3.2 DIVERSITE

A l'instar de l'abondance, la diversité obtenue avec la première méthode est plus élevée pour tous les habitats que celle enregistrée avec la deuxième méthode. Les analyses statistiques indiquent des différences significatives pour les reboisements plurispécifiques ($p = 0,014$), les cacaoyères ($p = 0,006$), les cultures vivrières ($p = 0,047$), les plantations de teck de 4 ans ($p = 0,011$) et de 10 ans ($p = 0,001$). Par contre, il n'y a pas de différence significative pour les jachères, les forêts primaires et les forêts secondaires (Tableau 2).

Tableau 2. Diversité moyenne des Coléoptères exprimée par l'indice de Shannon

| Habitats | Diversité | | p |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|
| | M1 | M2 | |
| Forêt primaire | 1,56±0,15 | 1,53±0,16 | 0,885 |
| Forêt secondaire | 1,96±0,07 | 1,73±0,14 | 0,186 |
| Reboisement plurispécifique | 2,02±0,09 | 1,58±0,09 | 0,014 |
| Teck de 10 ans | 2,03±0,06 | 1,45±0,08 | 0,001 |
| Teck de 4 ans | 1,75±0,20 | 0,63±0,23 | 0,011 |
| Cacaoyère | 2,02±0,09 | 1,54±0,07 | 0,006 |
| Jachère | 2,12±0,08 | 2,09±0,07 | 0,817 |
| Culture vivrière | 2,28±0,02 | 1,92±0,12 | 0,047 |

Moyenne ± erreur standard, M1: coléoptères épigés, M2: coléoptères hypogés

Comme la diversité et l'abondance, le nombre moyen de familles est plus important pour la première méthode que celui de la deuxième méthode pour tous les habitats. Pour les reboisements plurispécifiques, les cacaoyères, les cultures vivrières, les plantations de teck de 4 ans et de 10 ans, ce nombre moyen de familles est environ 2 fois plus élevé pour la première méthode que pour la seconde. Les tests statistiques révèlent des différences significatives pour les habitats précités. Par contre, aucune différence significative n'est enregistrée au niveau des jachères, des forêts primaires et secondaires (Tableau 3).

Tableau 3. Nombre moyen de familles collectées par méthode d'échantillonnage

| Habitats | Nombre de familles | | p |
|-----------------------------|--------------------|------------|-------|
| | M1 | M2 | |
| Forêt primaire | 9,75±0,48 | 7,75±1,03 | 0,128 |
| Forêt secondaire | 12,75±0,85 | 9,75±1,18 | 0,085 |
| Reboisement plurispécifique | 11,75±1,11 | 6,75±0,48 | 0,006 |
| Teck de 10 ans | 10,5±0,87 | 6±1,08 | 0,017 |
| Teck de 4 ans | 7,5±1,90 | 2,5±0,65 | 0,01 |
| Cacaoyère | 12,25±1,31 | 6,25±0,48 | 0,005 |
| Jachère | 13±0,91 | 11,75±0,95 | 0,378 |
| Culture vivrière | 16±0,41 | 9,75±0,63 | 0,001 |

Moyenne ± erreur standard, M1: coléoptères épigés, M2: coléoptères hypogés

4 DISCUSSION

Les collectes les plus abondantes ont été réalisées au moyen des pièges Malaise, pour la première méthode et avec les Winklers, pour la deuxième méthode. Le plus grand nombre de coléoptères a été capturé en cultures vivrières par les pièges Malaise tandis que les Winklers ont collecté leur plus grand nombre d'individus en forêts secondaires. L'abondance des captures faites avec les pièges Malaise pourrait être expliquée par le fait que les cultures vivrières constituent un milieu très ouvert permettant la libre circulation des insectes. Selon [19], [20], dans les parcelles défrichées, les insectes se déplacent fréquemment, et ceci permet aux pièges d'interception que sont les pièges Malaise de les capturer facilement. Par contre, l'abondance des collectes faites par les Winklers en forêts secondaires est le fait de l'abondance de la litière qui est riche en coléoptères. La majorité des individus collectés par les deux méthodes appartiennent presque tous aux mêmes familles mais diffèrent par leur taille. En effet, les individus collectés par la première méthode sont en majorité de grande taille contrairement à ceux collectés par la deuxième méthode qui sont de petite taille, voire très minuscules pour certains individus. Par ailleurs, les différences observées entre les deux méthodes ont porté sur l'abondance des insectes au niveau des habitats.

En effet, l'abondance des coléoptères collectés par les deux méthodes d'échantillonnage varie le long du gradient d'utilisation des terres. La variation de l'abondance des coléoptères le long du gradient dépend de la méthode de collecte. Les coléoptères épigés sont plus représentés en nombre dans certains habitats perturbés, ce qui n'est pas le cas pour les hypogés. Les habitats, dans lesquels le plus grand nombre de coléoptères a été échantillonné, sont les cultures vivrières puis les cacaoyères. Les cultures vivrières sont un mélange de plusieurs espèces de plantes susceptibles d'attirer un nombre élevé d'espèces d'insectes à la recherche de nourriture. C'est dans ce sens que [21] rapportent que les champs sont des habitats qui sont colonisés par plusieurs insectes se déplaçant entre les espaces cultivés et non cultivés, surtout au début de la croissance des plantes. Ces insectes viennent généralement des habitats voisins non encore cultivés comme les jachères et les marges de champs qui ont une bonne proportion de la biodiversité. Selon [22], ces habitats rendent beaucoup de services écologiques en favorisant le maintien des insectes. Mais, bien que les insectes récoltés viennent des habitats voisins, les mauvaises herbes présentes par endroits, en cultures vivrières, sont source de biodiversité. Ceci est en accord avec les travaux de [23] qui ont montré que la présence de certaines mauvaises herbes dans les cultures maintient la biodiversité.

Contrairement aux insectes collectés par les pièges de la première méthode, ceux de la deuxième méthode sont plus abondants en forêts secondaires suivies des jachères [24]. Les forêts secondaires constituent, avec les forêts primaires, des milieux moins perturbés. Mais, les forêts secondaires ont une abondance et une diversité en coléoptères plus élevées que celles des forêts primaires. Le sous bois des forêts primaires, faiblement dégagé, ne permet pas aux faibles précipitations de la période d'y accéder. Le milieu relativement sec n'est pas favorable aux insectes. C'est pourquoi pour [25], [26], [27], la couverture de la canopée des arbres et des arbustes, celle des herbes au sol ainsi que l'humidité du sol peuvent affecter la distribution des arthropodes à cause de la différence des microclimats du substrat. Cette analyse pourrait être rapportée aux forêts secondaires; mais ce type d'habitat, ayant subi l'action du feu, a probablement été colonisé par les insectes comme l'ont montré les travaux de [28]. Selon [29], [30], l'importance du feu pour les invertébrés vient du fait qu'il crée une mosaïque d'habitats de différents stades de succession. Les jachères sont des milieux temporairement stables et leur position par rapport aux espaces cultivés (cacaoyères, cultures vivrières) les rend très fréquentables par les insectes. D'après [31], les jachères sont fortement associées aux espèces d'insectes. Cela explique la variabilité majeure parmi les espaces cultivés. Mais, la combinaison des deux méthodes de collecte fait des cultures vivrières le milieu le plus riche et le plus diversifié en coléoptères, suivi des jachères. Les cultures vivrières, telles que structurées dans la région d'Oumé et particulièrement sur la grille d'échantillonnage, ne sont pas un facteur de déclin de la biodiversité des coléoptères. Selon [32], l'arrangement spatial des divers habitats dans la mosaïque agricole est important pour la mobilité des insectes. Cela assure la survie à long terme des populations, particulièrement celles des espèces prédatrices. Comme les cultures vivrières, l'abondance des coléoptères en zones cacaoyères est élevée pour la première méthode et faible pour la deuxième méthode. Quant aux reboisements (plantations de teck et reboisement plurispécifique), ils constituent l'habitat où le plus petit nombre de coléoptères a été collecté avec les deux méthodes, particulièrement la deuxième. L'homme, par ses pratiques culturelles, a une influence sur les peuplements en faune du sol. C'est pourquoi [33], [34] soutiennent que la création de plantation après avoir coupé la forêt originelle est un risque pour la biodiversité. D'une manière générale, les effets anthropiques sont plus ressentis au niveau de ces habitats. En effet, la végétation initiale est remplacée par une autre. Aussi, [35], [36] relèvent-ils que ce bouleversement a pour effet de détruire l'hétérogénéité naturelle du paysage résultant des interactions complexes entre le climat, le sol, la disponibilité en eau et l'ensemble de toutes les populations végétales, animales et microbienne. Cette rupture de l'équilibre écologique provoque un stress chez les organismes vivant dans ces milieux. Quant à [37] et [38], ils rapportent que la susceptibilité accrue des organismes peut entraîner des changements majeurs et irréversibles au sein des écosystèmes naturels, lorsque les perturbations sont fortes.

La distribution des coléoptères sur la grille d'échantillonnage est fonction de la structure des habitats et du degré d'utilisation du sol.

5 CONCLUSION

Deux méthodes ont été utilisées pour cette étude. La première méthode utilisée est celle du piégeage avec les pièges Malaise, les pièges à fosse, les pièges jaunes au sol et les pièges jaunes aériens. Les pièges Malaise ont permis de collecter un grand nombre de coléoptères dans la plupart des habitats étudiés. La majorité des familles de coléoptères ont également été capturée par ce moyen de capture. La deuxième méthode utilisée est celle des monolithes du sol et des sacs Winklers. Cette dernière a permis de collecter un plus grand nombre de coléoptères.

Pour la première méthode, l'abondance et la diversité des coléoptères ont été relativement plus élevées en cultures vivrières. L'abondance la moins élevée a été enregistrée en plantations de teck de 4 ans et la diversité la plus faible, en forêt primaire.

Pour la deuxième méthode, l'abondance des coléoptères a été plus élevée en forêt secondaire et la diversité la plus élevée a été enregistrée en jachères. Les plantations de teck de 4 ans ont l'abondance et la diversité les moins élevées. Mais, la combinaison des deux méthodes a permis d'obtenir une abondance et une diversité plus élevée en cultures vivrières.

REMERCIEMENTS

Cette étude fait partie du projet N°GF/2715-2 financé par le FEM/PNUE. Les auteurs sont reconnaissants aux paysans du village GOULIKAO et à la SODEFOR pour avoir autorisé l'accès du site à Oumé.

REFERENCES

- [1] S.A. Lassau, D.F. Hochuli, G. Cassis and C.A.M. Reid, Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Diversity and Distributions*, 11, pp.73-82, 2005.
- [2] I. Hanski and P.M. Hammond, Assemblages of carrion and dung Staphylinidae in tropical rain forests in Sarawak, Borneo. *Annales Entomologici Fennici*, 52, pp.1-19, 1986.
- [3] P.M. Hammond, Practical approaches to the estimation of the extent of biodiversity in speciose groups. In: Hawksworth (ed.): Biodiversity measurement and estimation. The royal Society, Chapman & Hall, pp.119-136, 1995.
- [4] J. Decelle, Contributions à la connaissance de la faune entomologique de la Côte-d'Ivoire, première partie. Musée royal de l'Afrique centrale, Tervuren, Belgique, n°165, pp. 4-5, 1968.
- [5] J. Daget et C.H. Lecordier, Influence du feu sur les peuplements de Carabidae dans la savane de Lamto (Côte d'Ivoire). *Annales de la Société Entomologique de France*, 5, pp.315- 327, 1969.
- [6] C. Lecordier, Recherches sur les peuplements de Carabiques de la savane de Lamto. Bulletin de Liaison des Chercheurs de Lamto Juillet, pp.26-30, 1973.
- [7] R.Obrtel, Number of pitfall traps in relation to the structure of the catch of soil surface Coleoptera. *Acta Entomologica bohemoslovaca*, 68, pp.300-309, 1971.
- [8] M.L. Luff, Some features influencing the efficiency of pitfall traps. *Æcologia* (Berlin), 19, pp.345-357, 1975.
- [9] M.A. Baars, Catches in pitfall traps in relation to mean densities of Carabid beetles. *Æcologia* (Berlin), 41, pp.25-46, 1979.
- [10] D. Agosti et L.E. Alonso, The ALL Protocol – a standard protocol for the collection of ground-dwelling ants. In: D.Agosti, J.D.Mayer, L.E. Alonso and R. Schultz, (eds) ANTS: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity. Smithsonian Institution Press, Washington DC, pp. 122-144, 2000.
- [11] K.Yéo, Dynamique spatiale et diversité des fourmis de la litière et du sol dans une mosaïque forêt-savane en Côte d'Ivoire. Thèse, Université Paris 6, 211p, 2005.
- [12] B.L Fisher & H.G Robertson, Comparison and origin of forest and grassland ant assemblages in the High plateau of Madagascar (Hymenoptera: Formicidae). *Biotropica*, 34, pp.155-167, 2002.
- [13] J.Baraud, Coléoptères Scarabaeoidea. Faune du Nord de l'Afrique, du Maroc au Sinaï. Paris, Lechevalier, 650p, 1985.
- [14] G. Delvare et H-P. Aberlenc, Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale. Clé pour la reconnaissance des familles, CIRAD, Montpellier, France, 297p, 1989.
- [15] J.F.Lawrence, A.M. Hastings, M.J. Dallwitz, T.A Paine. and E.J. Zurcher, Beetle of the world. INTKEY version 5 .09, CSIRO Division of Entomology, Canberra, Australia, CD-Rom, 1999.
- [16] P. Leraut, Le guide entomologique. Delachaux et niestlé, 527p, 2003.
- [17] J. Daget, Les modèles mathématiques en écologie. *Masson, Paris*, 170p, 1976.

- [18] R.K. Colwell, EstimateS: Statistical Estimate of Specie Richness and Shared Specie from samples. Version 7.5. persistent URL < [purl.oclc.org/ estimateS](http://purl.oclc.org/estimateS)>, 2005.
- [19] B.J. Goodwin and L. Fahrig, Effect of landscape structure on the movement behaviour of a specialized goldenrod beetle, *Trirhabda borealis*. *Canadian Journal of zoology*, 80, pp.24-35, 2002.
- [20] D. K. Kra, M. Doumbia and J.A.N. Klimaszewski, Assessment of beetle abundance and diversity by four methods of capture in the west-central part of Oumé, Ivory Coast. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 6 (1), pp.579-588, 2010.
- [21] F.J.J.A. Bianchi, C.J.H. Booij and T. Tscharrntke, Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceeding of the Royal Society B : Biological Sciences*, 273, pp.1715-1727, 2006.
- [22] D.M. Olson and F.L. Wäckers, Management of field margins to maximize multiple ecological services. *Journal of Applied Ecology*, 44, pp.13-21, 2007.
- [23] Y. Clough, A. Kruess and T.Tscharrntke, Local and landscape factor in differently managed arable fields affect the insect herbivore community of a non-crop plant species. *Journal of Applied Ecology*, 44, pp.22-28, 2007a.
- [24] D.K. Kra, M. Doumbia, J.A.N. Klimaszewski, M. Dagnogo and D. Aidara, Soil/litter beetle abundance and diversity along a land use gradient in tropical Africa (Oumé, Ivory Coast). *Sciences & Nature*, 6 (2), pp.139-147, 2009.
- [25] B. Hölldobler and E.O. Wilson, The Ants. In: S.A. Lassau, D.F. Hochuli, G. Cassis & C.A.M. Reid, Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Diversity and Distribution*, 11, pp.73-82, 1990.
- [26] P. Dennis, R.J. Aspinnall and I.J. Gordon, Spatial distribution of upland beetles in relation to landform, vegetation and grazing management. *Basic and Applied Ecology*, 3, pp.183-193, 2002.
- [27] E.P. Barkley, J.R. Malcolm, S.M. Smith, and M. I. Bellocoq, Does variable stand structure associated with multi-cohort forests support diversity of ground beetle (Coleoptera, Carabidae) communities in the central Nearctic boreal forest? *Journal of Forestry Research*, DOI 10.1007/s11676-016-0252-z, 2015.
- [28] M. Moretti, M.K. Obrist and P. Duelli, Arthropod biodiversity after forest fires: winners and losers in the winter fire regime of the Southern Alps. *Ecography*, 27, pp.173-186, 2004.
- [29] C.M. Buddle, J.R. Spence and D.W. Langor, Succession of boreal forest spider assemblage following wildfire and harvesting. *Ecography*, 23, pp.424-436, 2000.
- [30] K.J.K. Gandhi, J.R. Spence, D.W. Langor and L.E. Morgantini, Fire residuals as habitat reserves for epigeaic beetles (Coleoptera : and taphylinidae). *Biological Conservation*, 102, pp.131-141, 2001.
- [31] D.K. Letourneau and B. Goldstein, Pest damage and arthropod community structure in organic vs. conventional tomato production in California. *Journal of Applied Ecology*, 38, pp.557-570, 2001.
- [32] M.J. Samways, B.A. Tate and E. Murdoch, Population level of adult citrus thrips (*Scirtothrips aurantii* Faurie) (Thysanoptera: Thripidae) relative to season and fruit scarring. *Journal of Applied Entomology*, 104, pp.372-377, 1987.
- [33] D.D. Nagy, T. Magura, Z. Debnar, R. Horbath and B. Tothmeresz, Shift of rove beetle assemblages in reforestations: Does nativity matter? *Journal of insect conservation*, 19 (6), pp.1075-1087, 2015.
- [34] R.N. Sagwe, S.M. Muya and R. Maranga, Effects of land use patterns on the diversity and conservation status of butterflies in Kisii highlands, Kenya. *Journal of Insect Conservation*, 19 (6), pp.1119-1127, 2015.
- [35] J.R. Krummel, R.H. Gardner, G. Sugihara, R.V. O'Neill and P.R. Coleman, Landscape patterns in a disturbed environment. *Oikos*, 48, pp.321-324, 1987.
- [36] D.J. Mladenoff, M.A. White, J. Pastor and T.R. Crow, Comparing spatial pattern in unaltered old-growth and disturbed forest landscapes. *Ecological Applications*, 3, pp.294-306, 1993.
- [37] D.R. Foster, J.D. Aber, J.M. Melillo, R.D. Bowden and F.A. Bazzaz, Forest response to disturbance and anthropogenic stress. *Bioscience*, 47, pp.437-445, 1997.
- [38] D.R. Foster, G. Motzkin and B. Slater, Land-use history as long-term broad-scale disturbance: regional forest dynamics in Central New England. *Ecosystems*, 1, pp.96- 119, 1998.