

Influence des saisons sur l'activité des insectes nécrophages dans le processus de décomposition de cadavres de porc (*Sus scrofa domesticus* L.) exposés à l'air libre en zone sub-soudanaise de Côte d'Ivoire

Hassane DAO^{1,2*}, Louis Roi Nondenot ABOUA¹, Komi AGBOKA³, Alexandre Franklin KOFFI⁴
et Mathurin DJODJO¹

¹ Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody-Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

² Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (Wascal-ci / CEA-CCBAD : Ecole Doctorale), 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

³ Université de Lomé-Togo, BP 1515 Lomé, Togo

⁴ Institut National d'Hygiène Publique, BP V 14 Abidjan, Côte d'Ivoire

* Correspondance, courriel : daohassane1@gmail.com

Résumé

L'objectif de ce travail était de déterminer l'influence des saisons sur l'activité des insectes nécrophages dans le processus de décomposition de cadavre exposé à l'air libre en zone sub-soudanaise de Côte d'Ivoire. Pour atteindre cet objectif, douze cadavres de porc ont été exposés aux insectes excepté les témoins durant les saisons pluvieuse et sèche. Pour estimer le taux de décomposition, des pesées hebdomadaires des cadavres ont été effectuées. Lors des suivis, cinq stades de décomposition ont été observés. Les insectes ont été récoltés à divers stades de décomposition. La saison pluvieuse a été plus riche en espèces que la saison sèche. Les suivis ont respectivement duré 112 et 119 jours pour les saisons des pluies et sèche. En saison sèche, les faibles humidités relatives et les fortes intensités d'ensoleillement ont favorisé l'assèchement des cadavres et la mort des larves des divers insectes alors qu'en saison pluvieuse, les cadavres étaient restés humides procurant des nutriments aux larves d'insectes. Les carcasses des saisons, pluvieuse et sèche ont respectivement été dégradées par les insectes à 96,00 % et 86,29 %. Les cadavres exposés se sont décomposés 1,11 fois plus vite pendant la saison pluvieuse que durant la saison sèche. Ces résultats montrent que les facteurs abiotiques (température, humidité relative et la pluviométrie) jouent un rôle important sur l'activité des insectes nécrophages dans la décomposition de cadavre. Les résultats de ce travail pourront servir de référence dans des enquêtes criminelles pour dater un décès.

Mots-clés : cadavre, zone sub-soudanaise, Côte d'Ivoire, insectes nécrophages, saison, IPM.

Abstract

Influence of seasons on the activity of necrophagous insects in the process of decomposition of pig carcasses (*Sus scrofa domesticus* L.) exposed in the open air in the sub-sudanese zone of Côte d'Ivoire

The objective of this work is to determine the influence of the seasons on the activity of necrophagous insects in the process of decomposition of corpse exposed in the open air in the sub-sudanese zone of Côte

d'Ivoire. To achieve this objective, twelve pig carcasses were exposed to insects except for control during the rainy and dry seasons. To estimate the rate of decomposition, weekly weighings of the corpses were carried out. During the follow-ups, five stages of decomposition were observed. The insects were harvested at various stages of decomposition. The rainy season was richer in species than the dry season. Follow-ups lasted 112 and 119 days respectively for the rainy and dry seasons. In the dry season, low relative humidity and high sunshine intensified the drying of corpse and the death of the larvae of the various insects, while in the rainy season the bodies remained moist, providing nutrients to insect larvae. The carcasses of rainy and dry were respectively degraded by the insects at 96.00 % and 86.29 %. The exposed corpses decomposed 1.11 times faster during the rainy season than during the dry season. These results show that abiotic factors (temperature, relative humidity and rainfall) play an important role in the activity of necrophagous insects in cadaver decay. The results of this work may serve as a reference in criminal investigations to date a death.

Keywords : *corpse, sub-sudanese zone, Côte d'Ivoire, necrophagous insects, Season, IPM.*

1. Introduction

La détermination du temps écoulé depuis le décès, communément appelée intervalle post-mortem (IPM) peut être établie grâce à l'étude sémiologique de critères thanatologique comme l'évolution de la rigidité et de la lividité cadavérique (rigor and livor mortis), de la thermométrie et de la déshydratation du corps [1, 2]. Cependant passé un délai relativement court (48 à 72 heures) [1 - 3], la rigidité cadavérique du corps disparaît, les lividités deviennent fixes, la température du corps devient identique à celle du milieu ambiant où est exposée la dépouille, empêchant ainsi toute détermination précise de l'intervalle post-mortem [2, 3]. Reste alors au légiste l'état général du cadavre pour estimer l'IPM, mais celui-ci demeure très influencé par de nombreux facteurs (environnements, conditions climatiques, etc.) [2]. L'étude des insectes présents sur le cadavre devient l'une des solutions les plus pertinentes pour estimer l'IPM [2 - 4]. L'entomologie médico-légale qui est une composante des sciences criminalistiques légales, regroupe tous les aspects de l'utilisation des insectes nécrophages au service de la justice pénale [4, 5]. Elle permet, à partir d'insectes nécrophages retrouvés sur un cadavre, de dater le décès [6, 7]. La datation post mortem est un préalable à toute enquête judiciaire qui débute en principe, par deux questions essentielles [8] : à quand remonte le décès et quelle en est la cause ? L'utilisation des insectes pour dater un décès nécessite leur identification, et surtout une connaissance de certains aspects de leur biologie et de leur écologie [9]. Les travaux de [10], effectués en zone Guinéenne de Côte d'Ivoire, ont mis en évidence une importante perte de masse corporelle cadavérique, due essentiellement à l'activité des insectes nécrophages. De même, des expériences similaires réalisées par [11] en zone sub-soudanaise de Côte d'Ivoire, ont montré une importante perte pondérale cadavérique due à l'activité des insectes nécrophages qui ont colonisé des cadavres de porc exposé à l'air libre dans différentes zones écologiques. Mais, la littérature ne mentionne aucune étude sur la décomposition de cadavres exposés à l'air libre durant les différentes saisons de l'année en zone sub-soudanaise de Côte d'Ivoire. L'objectif de ce travail était d'étudier l'influence des différentes saisons de la zone sub-soudanaise de la Côte d'Ivoire, sur l'activité des insectes nécrophages dans le processus de décomposition d'un cadavre de mammifère exposé à l'air libre.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

Les travaux ont été effectués au sein du jardin botanique de l'Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo située au nord de la Côte d'Ivoire, de coordonnées géographiques 9°26' N – 5°38' W, altitude 381 m (**Figure 1**). Ce site est caractérisé par une végétation de savane arborée et de forêt-galerie. La partie ouverte est bordée par une rivière et caractérisée par une végétation herbeuse parsemée d'arbustes par endroit. La plupart de ces arbres perdent leurs feuilles en saison sèche. L'emplacement des pièges a été fait en milieu ouvert permettant un accès des insectes nécrophages aux cadavres. La zone sub-soudanaise est caractérisée par deux saisons (la saison pluvieuse et la saison sèche).

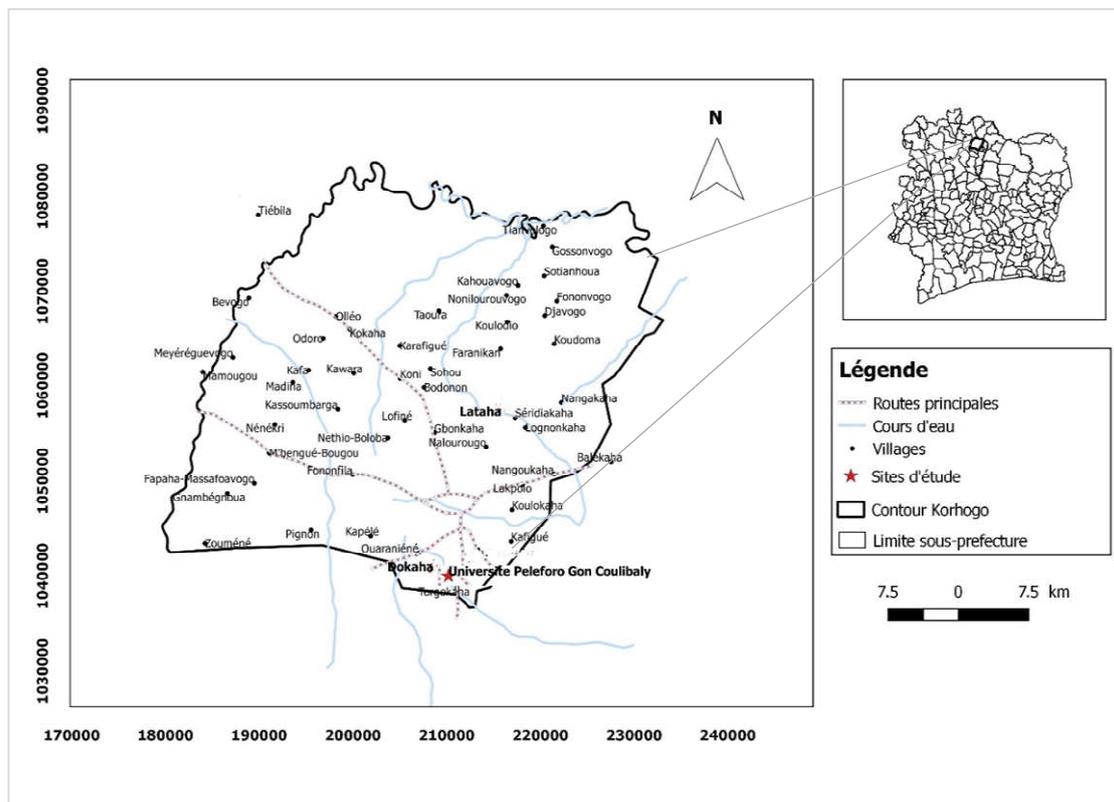


Figure 1 : Carte du site de l'étude

2-2. Données climatiques

Les données de température et d'humidité relative ont été enregistrées à l'aide d'un enregistreur thermohygromètre de marque IHM-172 SI. L'exposition des cadavres a été effectuée dans les conditions du milieu ambiant durant les différentes saisons de l'année. Un pluviomètre implanté au sein du site d'étude a permis de recueillir la quantité de précipitation tombée. Les températures ont oscillé entre 25 et 36°C avec une moyenne de $30,8 \pm 3,7^\circ\text{C}$ pendant la saison sèche. En saison pluvieuse, elle a varié de 24,6 à 33,2°C avec une moyenne de 26,7°C. Quant à l'humidité relative, elle a varié de 12 à 63 % avec une moyenne de $46,53 \pm 15,57 \%$ pour la saison sèche et de 68 à 86 % avec une moyenne de 76,85 % en saison pluvieuse. En saison sèche, la pluviométrie a été très faible. Les valeurs ont oscillé entre 0 et 75 mm alors qu'en saison pluvieuse, elle a oscillé de 46 à 310 mm.

2-3. Méthodes

2-3-1. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé était constitué de deux types de cages Gt et Ge [11]. La cage Gt était celle du cadavre témoin et Ge, du cadavre essai. La cage des cadavres témoins étaient entièrement couvertes d'une grille inoxydable à mailles très fines de 1 mm de diamètre, empêchant tout accès des insectes aux cadavres. La cage des cadavres essais, étaient recouvertes d'une grille métallique inoxydable à grandes mailles de 3 à 4 cm de diamètre (**Figure 2**). Le choix du porc domestique comme matériel biologique s'explique par le fait qu'il est considéré comme un excellent modèle de la décomposition du cadavre humain [10, 12]. Le dispositif de pesée de cadavres de porc était constitué de poulie, de potence, de corde, et de filet à mailles de 2 à 3 cm de diamètre.

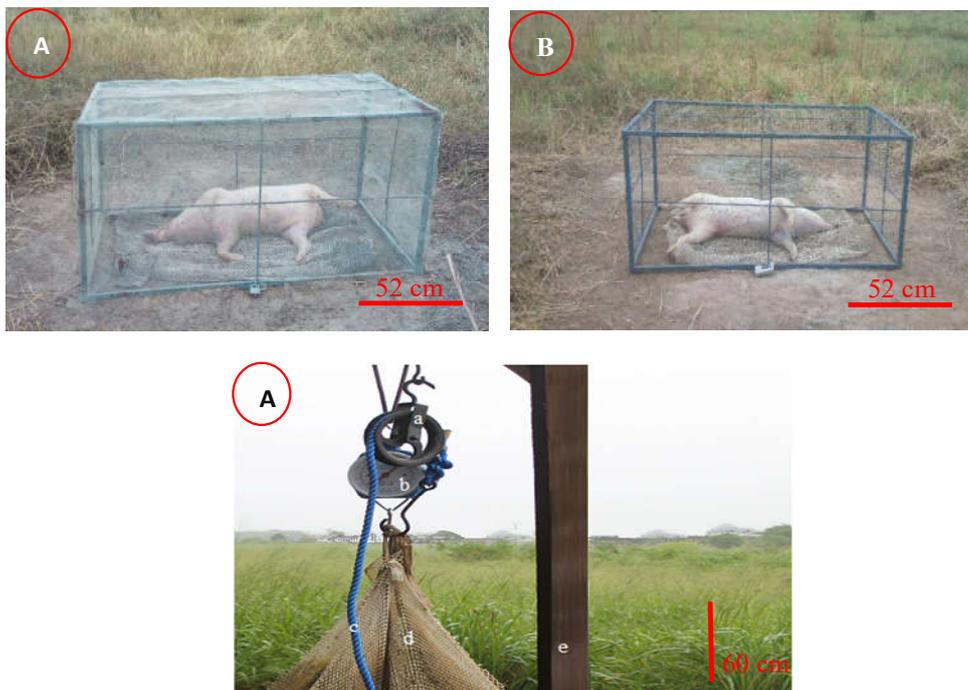


Figure 2 : Dispositif expérimental

A : Cadavre témoin (le cadavre est isolé des insectes par un grillage à maille très fine); B : Cadavre essai (le cadavre est accessible aux insectes grâce au grillage à grandes mailles qui le protège des charognards); C : Dispositif de pesées des cadavres (a : Poulie, b : Peson, c : Corde, e : Potence)

2-3-2. Récolte et identification des insectes nécrophages

Les insectes nécrophages intervenant dans le processus de décomposition, depuis les premières heures jusqu'au stade de squelettisation totale du cadavre, ont été récoltés sur les carcasses à l'aide de filet fauchoir pour les insectes volants et de pinces souples pour les larves et les Coléoptères. Les récoltes des insectes ont été également faites à l'aide de fosses-pièges (pithfall-traps). Des larves et pupes d'insectes ont été récoltées sur ou auprès des cadavres en décomposition et ont été élevées au laboratoire. Après l'émergence des imago, issus des pupes et larves récoltées sur et / ou près des cadavres en décomposition, ceux-ci été tués à l'aide d'éther puis triés par famille. Leur identification a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire de type « Optika LAB20 » version 4.0 et de diverses clés d'identification [5, 13 - 16], afin de confirmer la période d'activité des insectes adultes collectés à l'aide de filet fauchoir et de pince souple.

2-3-3. Pesées des cadavres de porcs

Pour cette étude, 12 porcs de 50 kg en moyenne, chacun, ont été utilisés comme appâts en raison de six porcs par série d'expositions, dont trois essais et trois témoins. Les porcs ont été transportés vivants sur les sites d'étude pour éviter que les insectes ne les colonisent avant leur exposition. Ils ont été anesthésiés à l'aide d'un sédatif puis euthanasiés. À l'intérieur des cages, chaque cadavre a été placé sur un filet à mailles 2 cm et des pesées hebdomadaires ont été effectuées (**Figure 2 C**). La contribution des insectes nécrophages au processus de décomposition a été évaluée à partir de la perte de masse corporelle initiale des cadavres. Le taux cumulé T_c de perte de masse corporelle initiale, pour un intervalle post mortem donné, est obtenu à partir de la **Formule** suivante [10, 11] :

$$T_c = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

T_c étant le taux cumulé de perte de masse corporelle exprimé en % pour un intervalle post-mortem (IPM) donné, M_i , la masse corporelle initiale du cadavre de porc juste avant son abattage exprimé en Kg, M_f , la masse finale correspondant à un intervalle post mortem (IPM) donné exprimée en Kg.

Le taux corrigé T_{cc} de perte de masse corporelle initiale a été obtenu à l'aide de la **Formule** [9, 11, 17] :

$$T_{cc} (\%) = \frac{T_{ce} - T_{ct}}{100 - T_{ct}} \times 100 \quad (2)$$

T_{cc} étant le taux corrigé de perte de masse corporelle, T_{ct} le taux de masse corporelle perdue par le cadavre témoin et T_{ce} le taux de masse corporelle perdue par le cadavre essai.

2-4. Traitement des données

○ Richesse totale

La richesse totale d'une biocénose correspond au nombre total de toutes les espèces observées au cours de N relevés [18].

$$S = \text{Espèce 1} + \text{Espèce 2} + \dots + \text{Espèce } n \quad (3)$$

S , étant le nombre total des espèces observées au cours de N relevés et *Espèce 1*, *Espèce 2*, *Espèce n*, les espèces observées.

○ Indice de Shannon - Weaver et l'indice d'équitabilité

- Indice de Shannon - Weaver (H')

L'indice de Shannon a permis de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité des différentes saisons d'étude et donc d'observer une évolution au cours du temps. Il est l'un des plus connus et des plus utilisés par les spécialistes par le fait qu'il est indépendant de la taille de l'échantillon et tient plutôt compte de l'abondance relative de chaque espèce. H' est minimal ($H' = 0$) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce. H' est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par un grand nombre d'individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces [19].

$$H' = - \sum_{i=0}^S P_i \times \log_2 P_i \quad (4)$$

$P_i = \frac{N_i}{N}$, étant le nombre d'individus de l'espèce et N le nombre total d'individus de toutes les espèces confondues.

- *Indice d'équitabilité (E)*

L'équitabilité (E) a permis d'étudier la régularité de la distribution des espèces au sein de chaque saison. Cet indice peut varier de 0 à 1. Il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement. Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage.

$$E = \frac{H'}{\log_2(S)} \quad (5)$$

H' , étant l'Indice de Shannon, S , la richesse totale et E , l'équitabilité

○ *Indice de similarité de Jaccard (J)*

Les indices de similitude ou de similarité évaluent la ressemblance entre deux relevés en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé. L'utilisation de cet indice a pour but d'établir la comparaison entre les sites ou saisons [20].

$$J = \frac{S_c}{(S_x + S_y) - S_c} \times 100 \quad (6)$$

S_x étant le nombre d'espèces du prélèvement x , S_y le nombre d'espèces du prélèvement y et S_c le nombre d'espèces communes aux prélèvements x et y .

○ *Abondance relative*

L'abondance relative (Ar) exprime le rapport entre le nombre d'individus d'une espèce (N_i) prise en considération et le nombre total d'individus de toutes les espèces confondues (N).

$$Ar (\%) = \frac{N_i}{N} \times 100 \quad (7)$$

Il a été défini ainsi 4 classes d'abondance relative :

- Espèces très abondantes ($Ar \geq 10 \%$)
- Espèces abondantes ($5 \% \leq Ar < 10 \%$)
- Espèces assez abondantes ($1 \% \leq Ar < 5 \%$)
- Espèces peu abondantes ($Ar < 1 \%$)

○ *Traitement statistique*

Les traitements statistiques ont été effectués à l'aide du logiciel R 3.0.3 et de STATISTICA version 7.1. Le test ANOVA suivie du test de Newman-Keuls au seuil de probabilité 5 %, ont permis de déterminer l'homogénéité des différents groupes. Les données climatiques journalières ont servi à calculer les moyennes hebdomadaires de température, d'hygrométrie et de pluviométrie, correspondant aux périodes hebdomadaires de pesées des cadavres de porc.

3. Résultats

3-1. Description de l'état des cadavres sur les deux saisons

Cinq stades de décomposition ont été décrits lors de cette étude : le stade de cadavre frais, de gonflement, de décomposition active, de décomposition avancée et de squelettisation.

- *Stade de cadavre frais*

Ce stade est également appelé stade initial. Aucune odeur caractéristique ne se fait sentir et seuls quelques Diptères ont été observés à ce stade. Dès la 2^{ème} heure post-mortem, la rigidité cadavérique avait commencé.

- *Stade de gonflement*

Cette étape est survenue $20 \pm 1,5$ heures après la mise à mort des porcs pendant la saison sèche et $24 \pm 2,5$ heures durant la saison pluvieuse. Lors de cette phase, le cadavre devient rigide et des tâches verdâtres ou violacées ont été observées sur la face abdominale (lividité). Les cadavres essais et témoins ont augmenté de volume au niveau abdominal. A ce stade, les cadavres ont été envahis par les Diptères des familles de Calliphoridae, de Sarcophagidae et de Muscidae. Ces insectes sont apparus plus tôt sur les cadavres en saison sèche qu'en saison pluvieuse.

- *Stade de décomposition active*

Elle est caractérisée par l'apparition des premières larves de Diptères de stade 1. Cette phase a été observée entre la 32^{ème} et la 35^{ème} heure après exposition sur les cadavres essais au niveau de la saison pluvieuse. Quant à la saison sèche, les premières larves ont été observées entre la 26^{ème} et la 30^{ème} heure. Cette phase s'étend sur près de deux semaines en saison pluvieuse et moins d'une semaine en saison sèche. Durant la saison pluvieuse, les larves des premiers colonisateurs, sont restées sur les cadavres essais en décomposition plus longtemps que sur les cadavres de la saison sèche. Les familles de Coléoptères ont été observées dès le troisième jour au niveau des cadavres de la saison sèche alors qu'en saison pluvieuse, celles-ci ont fait leur apparition à partir du 7^{ème} jour post-mortem.

- *Stade de décomposition avancée*

Au stade de décomposition avancée, les premiers insectes à coloniser les cadavres ont disparus progressivement pour faire place à de nouvelles espèces d'insectes. En saison sèche, les cadavres se sont desséchés ralentissant la décomposition alors qu'en saison pluvieuse, ils étaient restés humide à ce stade. Ce stade de décomposition est caractérisé en saison sèche par un nombre très élevé de Coléoptères notamment la famille des Dermestidae et celle des Histeridae et en saison pluvieuse par la présence des familles de Diptères Stratiomyidae et de Piophilidae. En saison pluvieuse, la décomposition complète était à l'origine des larves de Stratiomyidae et de Piophilidae tandis que qu'en saison sèche la décomposition avancée faisait place à la décomposition sèche caractérisée par la quasi absence de larve de Diptère et la présence en nombre important de larve de Dermestidae et de Histeridae. Les larves de ces deux familles de Coléoptères ont été à l'origine de la décomposition complète des cadavres de la saison sèche.

- *Stade de squelettisation*

Cette étape est caractérisée par l'apparition des os sous l'action des insectes nécrophages. A ce stade seules quelques larves de Diptères Stratiomyidae et Piophilidae ont été observées en saison pluvieuse et des larves de Dermestidae en saison sèche.

3-2. Abondance des insectes nécrophages collectés au niveau des différentes saisons

Un effectif total de 27085 individus a été récolté. L'identification de ceux-ci a permis de les regrouper en deux ordres : les Diptères et les Coléoptères. Le nombre de Diptères était de 23406 individus et celui des Coléoptères, de 3679 individus, soit respectivement, 86,62 et 13,38 % de l'effectif total des insectes récoltés. Au cours de la saison des pluies, 15720 individus (65,16 %) de Diptères ont été récoltés tandis qu'en saison sèche, 8404 individus (34,84 %) de ce même ordre ont été collectés. Pour un total de 3679 individus de Coléoptères, 1346 individus (36,59 %) ont été récoltés en saison pluvieuse et 2333 individus (63,41 %) en saison sèche.

3-2-1. Ordre des Diptères nécrophages au niveau des saisons

Dix-sept (17) espèces ont été identifiées et réparties en sept familles. Les espèces de la famille des Calliphoridae étaient au nombre de neuf (9) : *Chrysomya marginalis*, (Wiedemann, 1830), *Chrysomya megacephala* (Fabricius, 1794), *Chrysomya albiceps*, (Wiedemann, 1819), *Chrysomya putoria*, (Wiedemann, 1830), *Protophormia terraenovae*, *Lucilia sericata*, (Meigen, 1826), *Lucilia ceasar*, (Linné, 1758), *Calliphora vomitoria*, (Linné, 1758) et *Calliphora vicina*, (Robineau-Desvoidy, 1830) (**Tableau 1**). Parmi ces espèces, *C. albiceps* a été la plus abondante au niveau des deux saisons ($F = 30,4994$; $ddl = 16$; $P < 0,0001$). En saison pluvieuse, $3338,00 \pm 505,83$ individus représentant 60,88 % de l'effectif total de cette espèce sur les deux saisons ont été collectés. En saison sèche, $2145,33 \pm 214,70$ individus soit 39,12 % de l'ensemble des individus de cette espèce sur les deux saisons ont été récoltés. L'analyse de variance suivie du test de séparation de Newman-Keuls au seuil de 5 % ($F = 12,7389$; $ddl = 1$; $P < 0,05$) ont indiqué une différence significative entre les effectifs moyens des individus de *C. albiceps*, sur les deux saisons (**Tableau 1**). *C. vomitoria* a été l'espèce la moins abondante parmi les 17 espèces de Diptère collectées ($F = 30,4994$; $ddl = 16$; $P < 0,0001$). En saison pluvieuse, $31,33 \pm 9,13$ individus (38,68 %) ont été récoltés. *C. vicina* appartenant également à la famille des Calliphoridae, n'a été retrouvée sur les cadavres qu'en saison pluvieuse. Quatre (4) espèces appartenant à la famille de Sarcophagidae ont été collectées sur les cadavres : *Sarcophaga carnaria* (Linné, 1758), *S. africa* (Wiedemann, 1824), *S. haerrhoidalalis* (Fallén 1817) et *Wohlfahrtia nuba* (Wiedemann, 1830). Celles-ci ont été toutes récoltées sur les cadavres au cours des deux saisons. Parmi ces espèces, *S. carnaria* a été la plus abondante ($F = 24,87017$; $ddl = 3$; $P < 0,0001$).

En saison pluvieuse, $1806,66 \pm 206,44$ individus (60,15 %) de cette espèce ont été collectés. Au niveau de la saison sèche, le nombre moyen d'individus de *S. carnaria* récoltés était de $1197,00 \pm 113,96$ individus soit une abondance relative (Ar) de 39,85 %. L'analyse de variance suivie du test de séparation de Newman-Keuls au seuil de 5 % ($F = 42,9523$; $ddl = 1$; $P < 0,05$) ont indiqué une différence significative entre les effectifs moyens des individus de cette espèce, sur les deux saisons (**Tableau 1**). *W. nuba* a été l'espèce la moins abondante de la famille des Sarcophagidae ($F = 24,87017$; $ddl = 3$; $P < 0,0001$). L'analyse de variance suivie du test de séparation de Newman-Keuls au seuil de 5 % ($F = 0,15730$; $ddl = 1$; $P > 0,05$) n'ont indiqué aucune différence significative entre les effectifs moyens des individus de cette espèce, sur les deux saisons (**Tableau 1**). *Musca domestica*, (Linné, 1758) a été la seule espèce de la famille des Muscidae collectée durant les deux saisons. Sur un total de 2017 individus de *Musca domestica* collectés, $1208,00 \pm 104,08$ individus soit 59,87 % ont été récoltés en saison pluvieuse et $809,66 \pm 51,12$ individus représentant une abondance relative (Ar) de 40,13 % en saison sèche. L'analyse de variance suivie du test de séparation de Newman-Keuls au seuil de 5 % ($F = 97,0965$; $ddl = 1$; $P < 0,001$) ont indiqué une différence significative entre les effectifs moyens des individus de *M. domestica*, sur les deux saisons (**Tableau 1**). Une seule espèce a été également collectée chez les Piophilidae, les Stratiomyidae et les Fanniidae. Ces espèces sont respectivement, *Piophilidae casei*, (Linné, 1758), *Hermetia illucens* (Linné, 1758) et *Fannia cunicularis* (Linné, 1760). Ces espèces ont été uniquement retrouvées sur les cadavres en saison pluvieuse (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Abondance des espèces de Diptères pendant les saisons, pluvieuse et sèche

Familles	Espèces	Saison pluvieuse		Saison sèche	
		Effectifs	Ar (%)	Effectifs	Ar (%)
Calliphoridae	<i>Chrysomya marginalis</i>	641,66 ± 252,09 ^a	52,11	589,66 ± 67,45 ^a	47,89
	<i>Chrysomya megacephala</i>	1422 ± 208,87,83 ^a	64,13	795,33 ± 87,51 ^b	35,87
	<i>Chrysomya albiceps</i>	3338,00 ± 505,83 ^a	60,88	2145,33 ± 214,70 ^a	39,12
	<i>Chrysomya putoria</i>	421,66 ± 42,52 ^a	47,03	475,00 ± 98,42 ^a	52,97
	<i>Protophormia terraenovae</i>	284,33 ± 156,70 ^a	39,2	441,00 ± 46,17 ^a	60,8
	<i>Lucilia sericata</i>	76,66 ± 11,85 ^a	61,5	48,00 ± 18,33 ^a	38,5
	<i>Calliphora vomitoria</i>	31,33 ± 9,13 ^a	38,68	49,66 ± 6,01 ^a	61,32
	<i>Calliphora vicina</i>	988,66 ± 24,83 ^a	100	0,00 ± 0,00 ^b	0
	<i>Lucilia caesar</i>	1112,33 ± 116,09 ^a	51,19	1060,66 ± 105,41 ^a	48,81
Muscidae	<i>Musca domestica</i>	1208,00 ± 104,08 ^a	59,87	809,66 ± 51,12 ^b	40,13
Sarcophagidae	<i>Sarcophaga carnaria</i>	1806,66 ± 206,44 ^a	60,15	1197,00 ± 113,96 ^a	39,85
	<i>Sarcophaga africa</i>	80,66 ± 28,08 ^a	63,02	47,33 ± 5,78 ^a	36,98
	<i>Sarcophaga haemorrhoidalis</i>	354,33 ± 44,61 ^a	91,4	33,33 ± 6,17 ^b	8,6
	<i>Wohlfahrtia nuba</i>	33,66 ± 6,88 ^a	53,72	29,00 ± 9,54 ^a	46,28
Piophilidae	<i>Piophilidae casei</i>	1274,67 ± 166,66 ^a	100	0,00 ± 0,00 ^b	0
Stratiomyidae	<i>Hermetia illucens</i>	1347,67 ± 210,33 ^a	100	0,00 ± 0,00 ^b	0
Fanniidae	<i>Fannia cunicularis</i>	176,66 ± 32,85 ^a	100	0,00 ± 0,00 ^b	0

NB : Les chiffres suivis de la même lettre sur une ligne ne sont pas significativement différents selon le test de Newman Keuls au seuil de 5%.

3-2-2. Ordre des Coléoptères nécrophages au niveau des saisons

Chez les Coléoptères, l'identification a permis d'obtenir sept (7) espèces regroupées en quatre (4) familles. Quatre (4) espèces : *Margarinotus brunneus*, (Fabricius, 1775), *Hister cadaverinus* (Hoffmann, 1803), *Pachylister inaequalis* (Olivier, 1789) et *Hister quadrinotatus* (Scriba, 1790) appartenant à la famille des Histeridae, ont été récoltées pendant les deux saisons. Chez les Histeridae, *M. brunneus*, a été la plus abondante (F = 35,0184 ; ddl = 3 ; P = 0,0000). Un total de 335,33 ± 44,38 individus de cette espèce a été récoltée en saison pluvieuse soit 32,42 % de l'effectif de cette espèce durant les deux saisons. En saison sèche, 699,00 ± 51,11 individus (67,58 %) de cette espèce ont été récoltés. L'analyse de variance suivie du test de séparation de Newman-Keuls au seuil de 5 % (F = 28,8587 ; ddl = 1 ; P = 0,00579) ont indiqué une différence significative entre les effectifs moyens des individus de cette espèce, sur les deux saisons (**Tableau 2**). En saison pluvieuse *P. inaequalis* récolté, 508,00 ± 60,11 individus (58,35 %) ont été collectés. En saison sèche 362,66 ± 56,42 individus (41,65 %) ont été récoltés. L'analyse de variance suivie du test de séparation de Newman-Keuls au seuil de 5 % (F = 3,1071 ; ddl = 1 ; P = 0,1527) n'ont indiqué aucune différence significative entre les effectifs moyens des individus de cette espèce, sur les deux saisons (**Tableau 2**). Peu d'individus appartenant à *H. quadrinotatus* ont été récoltés sur les deux saisons. L'analyse de variance suivie du test de séparation de Newman-Keuls au seuil de 5 % (F = 1,0122 ; ddl = 1 ; P > 0,05) n'ont indiqué aucune différence significative entre les effectifs moyens des individus de cette espèce, sur les deux saisons (**Tableau 2**). S'agissant des Cleridae, des Tenebrionidae et des Dermestidae, une seule espèce a été collectée au niveau de chaque famille. Ces espèces sont respectivement *Necrobia rufipes* (De Geer, 1775), *Tenebrio molitor*, (Linné, 1758) et *Dermestes maculatus*. Chez ces trois espèces, aucune différence n'a été observée entre les effectifs moyens de leurs individus durant les deux saisons (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Abondance des espèces de Coléoptères pendant les saisons, pluvieuse et sèche

Familles	Espèces	Saison pluvieuse		Saison sèche	
		Effectif	Ar (%)	Effectif	Ar (%)
Histeridae	<i>Margarinotus brunneus</i>	335,33 ± 44,38 ^b	32,42	699,00 ± 51,11 ^a	67,58
	<i>Hister cadaverinus</i>	131,66 ± 23,49 ^b	30,43	301,00 ± 38,55 ^a	69,57
	<i>Pachylister inaequalis</i>	508,00 ± 60,11 ^a	58,35	362,66 ± 56,42 ^a	41,65
	<i>Hister quadrinotatus</i>	4,33 ± 1,20 ^a	59,09	3,00 ± 0,57 ^a	40,91
Cleridae	<i>Necrobia rufipes</i>	121,00 ± 13,11 ^a	47,89	131,66 ± 6,33 ^a	52,11
Tenebrionidae	<i>Tenebrio molitor</i>	4,66 ± 0,88 ^a	46,67	5,33 ± 0,88 ^a	53,33
Dermestidae	<i>Dermestes maculatus</i>	241,00 ± 45,34 ^b	22,5	830,33 ± 32,34 ^a	77,5

NB : Les chiffres suivis de la même lettre sur une ligne ne sont pas significativement différents selon le test de Newman Keuls au seuil de 5%.

3-3. Richesse et diversité spécifique

En saison pluvieuse, 17 espèces appartenant à l'ordre des Diptères ont été récoltées. S'agissant de la saison sèche, 13 espèces appartenant à ce même ordre ont été récoltées. Quant aux Coléoptères, sept (7) espèces ont été récoltées sur les deux saisons. Les richesses totales ont été respectivement de 24 et de 20 sur des saisons pluvieuse et sèche (**Tableau 3**). Au niveau de la saison des pluies, l'indice de Shannon ($H' = 1,96$) a été plus élevé que celui de la saison sèche ($H' = 1,33$). L'indice de similarité de Jaccard calculé pour les communautés de la saison pluvieuse et sèche a été de 83,33 % (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Indices écologiques

	Saison pluvieuse	Saison sèche
Nombre total d'espèces de Diptères	17	13
Nombre total d'espèces de Coléoptères	7	7
Richesse totale (S)	24	20
Indice de Shannon (H')	1,96	1,33
Équitabilité (E)	0,68	0,44
Indice de Similarité (J)	83,33%	

3-4. Action des insectes nécrophages sur la perte de masse

Les taux cumulés de perte de masse corporelle des cadavres des saisons pluvieuse et sèche auxquels les insectes ont eu accès ont augmenté de façon exponentielle au cours de la première semaine après la mort, pour atteindre respectivement 41,61 et 34,55 %. Tandis que dans le même temps, les cadavres témoins des saisons pluvieuse et sèche n'ont respectivement perdu que 7,35 et 2,33 % de leur masse corporelle initiale (**Figure 3**). Cette croissance du taux de perte de masse corporelle au niveau des cadavres des saisons pluvieuse et sèche, s'est poursuivie jusqu'au 21^{ème} jour post mortem (J21) pour atteindre respectivement 54,26 et 46,50 % alors qu'au même stade, les cadavres témoins des deux saisons n'ont perdus que 10,11 % de la leur. À partir de cette date post mortem, les taux cumulés de perte de masse corporelle des cadavres

des deux saisons ont continué de croître, mais beaucoup moins rapidement. Au niveau des cadavres essais exposés en saison pluvieuse, le taux de perte de masse a augmenté progressivement à partir de J21 post-mortem jusqu'au J112 post-mortem, passant de 54,26 à 96 %. En ce qui concerne le taux de perte de masse des cadavres essais de la saison sèche, une phase d'augmentation très lente a été observée de J21 à J63 (46,50 à 58,59 %). De J63 à J119, on observe une croissance progressive du taux de perte de masse passant de 58,59 à 86,29 % au 119^{ème} jour post mortem (**Figure 3**).

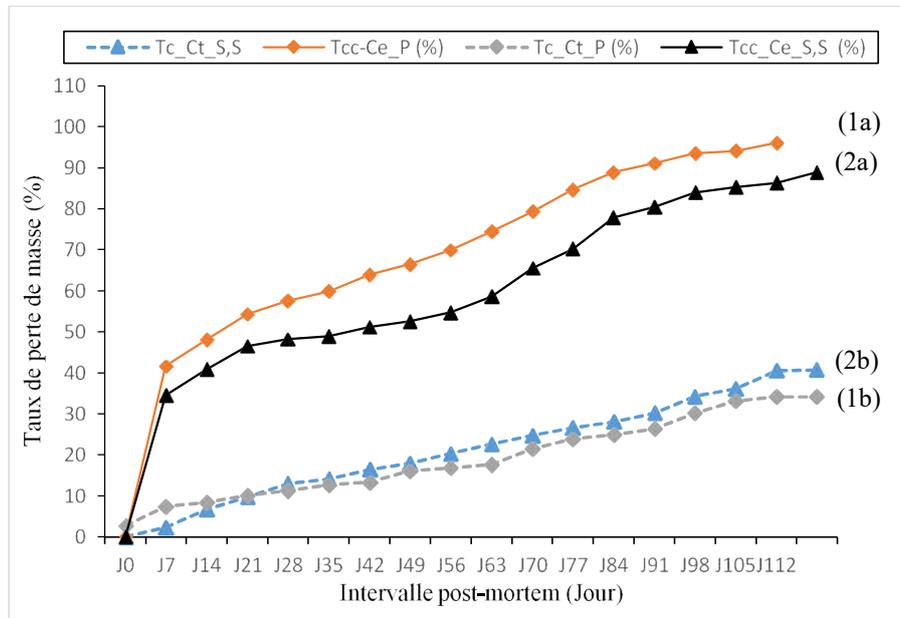


Figure 3 : Évolution des taux cumulés de perte de masse corporelle des cadavres de porc sur les deux saisons

Tc_Ct_S,S : Taux cumulé de perte de cadavre témoin de la saison sèche ; *Tcc-Ce_S,S* : Taux corrigé cumulé de perte de masse de cadavres de la saison sèche ; *Tc_Ct_P* : Taux cumulé de perte de cadavre témoin de la saison pluvieuse ; *Tcc-Ce_P* : Taux corrigé cumulé de perte de masse de cadavres de la saison pluvieuse

4. Discussion

Les travaux de cette étude ont été effectués dans le cadre de l'établissement d'une base de données sur les insectes nécrophages de Côte d'Ivoire. Pour cela des cadavres de porc ont été exposés à l'air libre dans la zone sub-soudanaise durant les différentes saisons et ont permis de décrire les étapes de la décomposition durant les saisons, déterminer l'abondance des insectes à différents stades de décomposition et d'estimer l'action des insectes dans la décomposition des cadavres au niveau des deux saisons. Cinq stades de décomposition ont été observés durant cette étude. Ces observations rejoignent celle de [21]. Au stade de cadavre initial (cadavre frais), seuls quelques Diptères ont été observés sur les cadavres exposés. La rigidité cadavérique observée à ce stade est un phénomène de raidissement musculaire progressif qui débute entre la deuxième et la quatrième heure après le décès. Cet enraidissement serait dû à la dégradation du glycogène et à l'accumulation d'acide lactique [22]. Les cadavres essais et témoins ont augmenté de volume au niveau abdominal. Une différence plus ou moins 4 heures a été observée au niveau du stade de gonflement. Cette différence du temps de gonflement des cadavres pourrait s'expliquer par les fortes intensités d'ensoleillement et les hautes températures enregistrées sur les sites d'étude durant la saison sèche. En effet, pendant cette période, la chaleur augmenterait la vitesse de métabolisme des microorganismes intestinaux des cadavres qui produiraient des gaz qui ont précipité le gonflement. Durant

cette phase, des tâches verdâtres ont été observées sur la face abdominale (lividité). L'accumulation du sang par gravité pourrait expliquer ces tâches qui débutent dès l'arrêt de la fonction hémodynamique [23]. A ce stade, les cadavres ont été envahis par les Diptères des familles de Calliphoridae, de Sarcophagidae et de Muscidae et par leur ponte sur les carcasses. Ces insectes ont apparu plus tôt sur les cadavres en saison sèche qu'en saison pluvieuse. L'apparition de ces insectes pourrait s'expliquer par les odeurs caractéristiques du cadavre, provenant des gaz produits par les microorganismes intestinaux. La phase de décomposition active a été observée entre la 32^{ème} et la 35^{ème} heure après exposition sur les cadavres essais au niveau de la saison pluvieuse et entre la 26^{ème} et la 30^{ème} heure en saison sèche. En saison pluvieuse, elle a duré près de deux semaines et moins d'une semaine en saison sèche. En saison sèche, les hautes températures (27-36°C) auraient précipité l'éclosion des œufs de Diptères sur les cadavres [11]. La différence observée entre la durée de cette phase au niveau des deux saisons, pourrait être due à l'action des faibles humidités (12-63 %) relatives, des hautes températures (27-36°C) et les fortes intensités d'ensoleillement qui auraient desséché les cadavres et tué les larves de Diptère [11]. Au stade de décomposition avancée, les cadavres se sont desséchés ralentissant la décomposition en saison sèche. Le dessèchement des cadavres à ce stade de la décomposition pendant la saison sèche serait dû aux faibles humidités relatives et à la température.

La mort précoce des larves des premiers insectes serait également à l'origine du dessèchement des cadavres. En saison pluvieuse, les cadavres étaient restés humide à ce stade. Cela serait dû à l'humidité relative élevée (68-86 %) et aux fortes précipitations (46-310 mm) durant cette saison [10]. L'étude de l'abondance des différentes espèces a permis de récolter deux ordres d'insectes nécrophages : les Diptères et les Coléoptères. Les Diptères nécrophages récoltés ont été regroupés en sept familles : les Calliphoridae, les Muscidae, les Sarcophagidae, les Fanniidae, les Piophilidae, et les Stratiomyidae. Les Coléoptères nécrophages récoltés ont été répartis en quatre familles qui sont les Histeridae, les Cleridae, les Dermestidae, et les Tenebrionidae. L'ordre des Diptères nécrophages était plus riche en espèces que celui des Coléoptères. Les familles de Diptères ont été les premières à apparaître sur les cadavres. Ces observations rejoignent celles de [12, 27]. La présence précoce de ces premiers insectes sur les cadavres humains a amené les experts en entomologie médico-légale à les utiliser de façon courante dans l'estimation de l'intervalle post mortem court (IPMmin). Ces ordres et familles d'insectes nécrophages ont été également observés sur les cadavres en décomposition par [10, 21, 25, 26]. L'identification des Diptères récoltés a permis d'obtenir 17 espèces appartenant à sept familles. Les individus de la famille des Calliphoridae ont été les plus nombreux à être récoltés durant la saison des pluies.

La forte abondance de cette espèce récoltée pendant la saison pluvieuse s'expliquerait par le fait qu'elle serait capable de coloniser et de recoloniser le cadavre lorsque les conditions sont favorables et par la forte compétitivité de ses larves. Ces résultats rejoignent ceux de [6, 27]. Chez les Calliphoridae, *C. vicina* a été récoltée sur les cadavres uniquement en saison pluvieuse. La quasi-absence de cette espèce durant les travaux effectués en saison sèche, pourrait s'expliquer par le fait qu'elle ne résisterait pas aux températures ambiantes élevées. En effet, selon [28], *C. vicina* est une espèce qui ne supporte pas les fortes chaleurs. Quatre espèces ont été identifiées au sein de la famille des Sarcophagidae avec une forte abondance de *S. carnaria*. Elle a été plus abondante en saison pluvieuse qu'en saison sèche. Cela pourrait s'expliquer par les odeurs caractéristiques émises par les carcasses humidifiées et aux températures favorables au développement de ses larves [29]. Les Piophilidae, les Stratiomyidae et Fanniidae ont été majoritairement retrouvées sur les cadavres de porc durant la saison pluvieuse. La présence de ces familles en grand nombre sur les cadavres en décomposition pourrait être due à l'humidité relative élevée (68-86 %) à cette période de l'année. Cette humidité favoriserait la colonisation de certaines espèces de ces différentes familles d'insectes nécrophages durant la saison pluvieuse. Ces résultats rejoignent ceux de [30, 31]. Chez les Coléoptères, les espèces de la famille des Histeridae ont été les plus abondantes. Les

espèces de cette famille ont été plus nombreuses en saison sèche, période où l'intensité d'insolation était très forte. Cette intensité d'insolation favoriserait la liquéfaction et le rancissement des graisses provoquant l'apparition en nombre important de ces insectes. Cette argumentation va dans le même sens que celle de [10]. *Necrobia rufipes* (Cleridae) a fait son apparition au même moment que les espèces de la famille des Histeridae. Cette espèce aurait les mêmes besoins alimentaires que les Histeridae. Les espèces de ces deux familles apparaissent sur les cadavres à partir du 3^{ème} et 4^{ème} jour post-mortem. Cette argumentation rejoint celle de [24] qui ont lors de leurs travaux effectués au sud-ouest de Virginie, en été et au printemps, constaté que les Coléoptères apparaissent sur le cadavre dès le 3^{ème} jour, mais en très petit nombre. Elles seraient prédatrices des œufs et/ou larves de Diptères nécrophages. Ce constat va dans le même sens que celui de [31] qui ont rapporté que les Histeridae étaient friands des œufs et des larves de Diptères, lors de leurs travaux sur les facteurs affectant la décomposition des cadavres et la colonisation de ceux-ci par les Diptères nécrophages. S'agissant de *D. maculatus* (Dermestidae), elle a été plus abondante également en saison sèche et plus particulièrement durant la période d'harmattan (décembre-février). Cette observation rejoint celle de [11]. Cette abondance observée dans cette période serait due à l'assèchement des carcasses exposées sous l'action des très faibles taux d'humidité relative (12-63 %). Les adultes et les larves de cette espèce ont été à l'origine de la putréfaction sèche et avancée au niveau des carcasses, au cours de cette période caractéristique de la zone sub-soudanaise de Côte d'Ivoire [11, 32]. L'indice de Shannon et l'équitabilité ont été plus élevés en saison des pluies qu'en saison sèche.

Cela pourrait s'expliquer par le fait que les individus de chaque espèce collectée, étaient répartis d'une façon plus ou moins égale sur les différents stades de décomposition en saison pluvieuse [19]. Les taux cumulés de perte de masse corporelle des cadavres auxquels les insectes ont eu accès, des saisons pluvieuse et sèche, ont présenté une croissance exponentielle au cours de la première semaine post mortem. Cette croissance du taux de perte de masse corporelle a été plus élevée au niveau des cadavres exposés en saison pluvieuse. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'à cette période, les cadavres étant humidifiés, les larves des premiers insectes ont pu liquéfier et consommer la chair de ceux-ci. Tandis qu'en saison sèche et à ce même stade de décomposition cadavérique, les larves seraient confrontées à l'assèchement des carcasses du essentiellement aux faibles humidités relatives, aux fortes intensités d'insolation, et à la prédation par les espèces des familles des Histeridae et des Cleridae [31] et aux faibles humidités relatives favorisant leur mort [11]. Cette perte de masse est essentiellement due à l'action des insectes nécrophages. Ces résultats rejoignent ceux de [10]. La phase de croissance lente du taux de perte de masse corporelle observée au niveau des cadavres de la saison sèche pourrait s'expliquer par une inactivité des insectes. En effet, les cadavres asséchés seraient défavorables au développement de certains insectes. Cette période peut être aussi le moment d'incubation des œufs de certains Coléoptères tels que les Dermestidae [11, 33]. La décomposition avancée des cadavres en saison pluvieuse serait due à l'action de *H. illucens* (Stratiomyidae) et de *P. casei* (Piophilidae) [11]. Ces deux familles de Diptères ont également été collectées à des phases tardives de la décomposition par [34] au Brésil. La similarité de 83,33 % pourrait s'expliquer par le fait que presque toutes les espèces ont été collectées durant les deux saisons.

5. Conclusion

Les travaux effectués ont permis de décrire cinq stades de décomposition. Il a été remarqué qu'en saison sèche, les cadavres au stade de décomposition avancée ont desséché sous l'influence des faibles humidités relatives. Vingt-quatre (24) espèces ont été collectées dont 20 en saison sèche et 24 en saison pluvieuse. Vingt (20) espèces étaient communes aux deux saisons. Les effectifs des Coléoptères et des Diptères ont respectivement été de 3679 (13,38 %) et 23406 individus (86,62 %). Les premiers insectes apparus sur les

cadavres appartenant aux familles de Calliphoridae, de Sarcophagidae et de Muscidae et ceux, sur les deux saisons. Chez les Diptères, la famille des Calliphoridae a été la plus riche en espèces. *Chrysomya albiceps* a été l'espèce la plus abondante sur les deux saisons. *Hermetia illucens* et *Piophilina casei* n'ont été retrouvées sur les cadavres qu'en saison des pluies et étaient à l'origine de la décomposition avancée des cadavres. Chez les Coléoptères, c'est la famille des Histeridae qui était plus riches en espèces mais *D. maculatus* avait le plus nombre d'individus, espèce appartenant à la famille des Dermestidae. La décomposition des cadavres a duré 112 jours en saison pluvieuse et 119 jours en saison sèche. Les cadavres exposés se sont décomposés 1,11 fois plus vite pendant la saison pluvieuse que durant la saison sèche. Le suivi du processus de décomposition d'un cadavre pendant les saisons pluvieuse et sèche dans la zone soudanaise est un atout capital pour l'entomologie médico-légale. Dans le cadre d'une expertise entomologique pour dater un décès, lors de la découverte d'un cadavre, l'expert entomologiste médico-légale pourra déjà à partir de cette étude avoir une idée de l'évolution de la décomposition de cadavre dans cette zone.

Remerciements

Les auteurs remercient le Centre d'Excellence Africain sur le Changement Climatique, la Biodiversité et l'Agriculture Durable (CEA-CCBAD) qui a financé les travaux de cette étude, Dr. Damien CHARABIDZE, Entomologiste Médico-légal, Expert près de la Cour d'Appel de Douai (France) et Maître de Conférences à l'Université de Lille II pour ses conseils avisés et la direction de l'UFR Biologie de l'Université Peleforo Gon Coulibaly de nous avoir permis d'effectuer nos travaux au sein du Jardin botanique.

Références

- [1] - G. S. ANDERSON, Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. *In* J.H Castner., J. L. Byrd (éd.), *Forensic entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations*, CRC Press, Boca Raton, (2001) 143 - 169 p.
- [2] - M. BENECKE, Arthropods and Corpses. *Forensic Pathology Reviews*, 2 (2004) 207 - 240
- [3] - D. CHARABIDZE, Etude de la biologie des insectes nécrophages et application à l'expertise en entomologie médico-légale, thèse de doctorat, *Université de Lille*, 2 (2008) 277 p.
- [4] - D. CHARABIDZE and M. GOSSELIN, Insectes, cadavres et scènes de crime. Principes et applications de l'entomologie médico-légale. Ed. De Boeck., (2014) 261 p., 16 chapitres. ISBN : 9782804184957
- [5] - C. WYSS and D. CHERIX, *Traité d'Entomologie Forensique : Les insectes sur la scène de crime. Presses Polytechniques et Universitaires romandes*, Lausanne, (2006) 317 p.
- [6] - D. CHARABIDZE et B. BOUREL, Entomologie médico-légale : les insectes au service de la justice. *Insectes*, 147 (4) (2007) 29 - 32
- [7] - D. O. CARTER, D. YELLOWLEES and M. TIBBETT, Cadaver decomposition in terrestrial ecosystems. *Naturwissenschaften*, 94 (2007) 12 - 24
- [8] - A. F. KOFFI, insectes nécrophages sur substrat de porc (*sus scrofa domesticus* L.) en zone guinéenne de Côte d'Ivoire : diversité, dynamique des populations et intérêt en expertise médico-légale. Thèse, Université Félix HOUPOUËT -BOIGNY, Côte d'Ivoire, (2018) 176 p.
- [9] - M. I MARCHENKO, Medicolegal relevance of cadaver entomofauna for the determination of time of death. *Forensic Science International*, 120 (1 - 2) (2001) 89 - 109
- [10] - A. F. KOFFI, L. R. N. ABOUA, M. DJODJO, H. DAO, J. D. E. KOFFI-TÉBÉLÉ and C. E. Y. KPAMA-YAPO, Contribution of different groups of necrophagous insects, in the process of decomposition of a pig

- corpse (*Sus scrofa domesticus* L.) exposed to the open air, in the guinean zone of Côte d'Ivoire. *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science*, 3 (9) (2017) 14 - 22
- [11] - H. DAO, L. R. N. ABOUA, A. F. KOFFI, K. AGBOKA, Y. TUO and Y. E. C. YAPO, Influence of the ecological zone on the necrophagous insects' activities involved in the process of decomposition of pig carcasses (*Sus scrofa domesticus* L.) exposed to the open air in the sub-soudanese zone of Côte d'Ivoire. *International Journal of Entomology Research.*, 3 (5) (2018) 7 - 16
- [12] - G. S. ANDERSON and S. L. VANLAERHOVEN, Initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Science.*, 41 (1996) 617 - 625 p.
- [13] - K. SZPILA, Key for identification of European and Mediteranean blowflies (Diptera, Calliphoridae) of forensic importance Adult flies. *Nicolaus Copernic University Institute of Ecology and Environmental Protection Departement of Animal Ecoogy.* (2014) 18 p.
- [14] - S. IRISH, T. LINDSAY and N. WYATT, "Key to adults of Afrotropical species of the genus *Chrysomya* Robineau-Desvoidy (Diptera: Calliphoridae)", *African Entomology*, 22 (2) (2014) 297 - 306
- [15] - S. ROCHEFORT, M. GIROUX, J. SAVAGE and T. A. WHEELER, "Key to Forensically Important Piophilidae (Diptera) in the Nearctic Region", *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 27 (2015) 1 - 37
- [16] - K. P. VAIRO, C. C. RODRIGO, C. MELISE, A. LECHET, F. MARIA CANEPARO and M. KLEBER, Mise, Daniel Preti, Claudio J.B. de Carvalho, Lucia M. Almeida and Mauricio Moura O. Forensic Use of A Subtropical Blowfly : The First Case Indicating Minimum Postmortem Interval (mPMI) in Southern Brazil and First Record of *Sarconesia Chlorogaster* from a Human Corpse. *J. Forensic Sci.*, January, Vol. 60, No. S257-260 (2015), Doi: 10.1111/1556-4029.12596
- [17] - W. S. A. ABBOTT, Method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, (18) (1925) 265 - 267
- [18] - F. RAMADE, *Éléments d'écologie- Ecologie fondamentale.* Ed. McGraw-Hill, Paris. (1984) 397 p.
- [19] - S. FRONTIER, L'échantillonnage de la diversité spécifique. *In* Stratégie d'échantillonnage en écologie, Frontier et Masson édit., Paris (*Collection D'Écologie*), 18 (1983) 494 p.
- [20] - P. JACCARD, Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 44 (1908) 223 - 270
- [21] - M. L. GOFF, Early post-mortem changes and stages of decomposition in exposed cadavers. *Experimental and Applied Acarology*, 49 (2009) 21 - 36
- [22] - B. LUDÉS, A. TRACQUI, P. KINTZ and J. S. RAUL, Cours de médecine légale, Faculté de Médecine de Strasbourg, (2003), http://www.ulpmmed.ustrasbg.fr/medecine/cours_en_ligne/e_cours/medecine_legale.htm/ (savril 2017)
- [23] - B. SWIFT, The Timing of Death. *In : Essentials of Autopsy Practice.* Rutty G.N. (Ed.). Springer, London, England, (2006) 189 - 214 p.
- [24] - K. L. TABOR, C. CARLYLE BREWSTER and D. RICHARD FELL, Analysis of the Successional Patterns of Insects on Carrion in South-west Virginia. *J. Med. Entomol.*, 41 (4) (2004) 785 - 795
- [25] - L. S. FARIA, M. L. PASETO, F. T. FRANCO, V. C. PERDIGÃO and G. CAPEL, Mendes Insects breeding in pig carrion in two environments of a rural area of the state of Minas Gerais, *Brazil. Neotropical Entomology.*, 42 (2013) 216 - 222
- [26] - A. F. KOFFI, L. R. N. ABOUA, B. A. KONE, D. FOFANA, H. DAO and M. DJODJO, Dynamics of the main necrophagous Diptera populations of forensic interest, in the Guinean zone of Côte d'Ivoire. *International Journal of Entomology Research.*, 3 (2) (2018) 11 - 22
- [27] - T. D. M. CARVALHO and W. A. CONDE GODOY, Spatio-Temporal Dynamics and Preference for Type of Bait in Necrophagous Insects, Particularly Native and Introduced Blow Flies (Diptera : Calliphoridae). *J. Med. Entomol.*, 50 (2) (2013) 415 - 424, DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/ME12187>

- [28] - C. HWANG and B. TURNER. Spatial and temporal variability of necrophagous Diptera from urban to rural areas, *Med. Vet. Entomol.*, 19 (2005) 379 - 391
- [29] - J. AMENDT, R. KRETTEK, R. ZEHNER, Forensic entomology, *Naturwissenschaften*, 91 (2004) 51 - 65
- [30] - M. L. GOFF, Estimation of postmortem interval using arthropod development and successional patterns. *Forensic Sci. Rev.*, 5 (1993) 81 - 94
- [31] - C. P. CAMPOBASSO, G. DI VELLA and F. INTRONA, "Factors affecting decomposition and Diptera colonization", *Forensic Science International.*, 120 (2001) 18 - 27 p.
- [32] - ANONYME, <http://insectes nuisibles.cicrp.fr/fr/les-insectes-de-a-a-z/dermestes-maculatus-de-geer-1774>, (Août 2018)
- [33] - D. CHARABIDZE, T. COLARD, B. VINCENT, T. PASQUERAULT and V. HEDOUIN, Involvement of larder beetles (Coleoptera : Dermestidae) on human cadavers: a review of 81 forensic cases. *International Journal of Legal Medicine*, 128 (6) (2014) 1021 - 1030
- [34] - J. R. PUJOL-LUZ, L. C. ARANTES and R. CONSTANTINO, Cem anos de entomologia forense no Brasil (1908-2008). *Rev Bras Entomol.*, 52 (2008) 485 - 492