



Facteurs permettant d'améliorer la réussite au greffage des clones GT1 et PB217 d'*Hevea brasiliensis* (H.B.K.) (Muell.Arg) dans les conditions climatiques du nord Gabon.

Ondo Ovono Paul^{1*}, Kebangoye Held-Stéphane¹, Medza Mve Samson¹ Daudet, Nguema Ndoutoumou Pamphile^{1,2}, Kevers Claire³, Dommes Jacques³

¹Université des Sciences et Techniques de Masuku. Unité de Recherche en Agrobiologie. Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies. Laboratoire de biodiversité, B.P. 941 Franceville (Gabon). Tel. +241 07 23 70 61/+241 07 77 92 12.

²Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique. Institut de Recherches Agronomiques et Forestières. Département de Phytotechnie. Laboratoire de Biotechnologies végétales. B.P. 2246 Libreville (Gabon). Tél. +24106035460. Email : npamph@gmail.com

³Plant Molecular Biology and Biotechnology Unit, B-22, University of Liège, Sart Tilman, Chemin de la Vallée 4, 4000 Liège, Belgique.

Correspondance courriel : ovonofils@gmail.com

Key words: *Hevea brasiliensis*, clone GT1 and PB 217, grafting, climate, Gabon.

Mots clés : *Hevea brasiliensis*, clone GT1 et PB217, greffage, climat, Gabon.

1 RESUME

Ce travail a été entrepris en 2013, dans la pépinière de Batouri, afin de déterminer les principaux facteurs qui influencent la réussite d'une greffe chez *Hevea brasiliensis*, dans les conditions climatiques du nord Gabon. L'étude a été menée par dix greffeurs, pendant quatre mois (Juin-Septembre) selon un dispositif factoriel comportant 4 traitements et 4 répétitions. Deux clones d'hévéa (GT1 et PB 217) ont été utilisés avec deux modes de repiquage des porte- greffes : en sacs de polyéthylène et en plein sol. Les mesures ont concerné le nombre de greffes réussies et le taux de réussite au greffage, par clones et par mode de repiquage, la période du greffage et l'origine du bois de greffe. Les résultats de l'essai ont montré que, sur le nombre des greffes réussies et le taux de réussite au greffage par clones, par mode de repiquage et par mois, il existe des différences hautement significatives ($P < 0,0001$) au seuil de 5%. Le taux de réussite au greffage est de 57,1% pour le clone GT1 contre 40,9% pour le clone PB217. Sur le mode de repiquage, la pépinière en sac de polyéthylène donne les meilleurs résultats 57,2% contre 40,8% pour la pépinière en plein sol. Sur la période de greffage, les résultats les plus intéressants sont obtenus au mois de septembre. L'origine du bois de greffe a aussi un effet hautement significatif ($P < 0,0001$). Ainsi, le bois de greffe issu du jardin à bois d'Olam Rubber donne de meilleurs résultats. Une interaction significative Clone * Pépinière, Clone * Mois a été également déterminée au seuil de 5%. Les résultats montrent également que la technicité des greffeurs n'a aucune influence sur les rendements obtenus quel que soit le mode de repiquage de porte- greffe.



ABSTRACT

Factors to improve graft success of clones GT1 and PB 217 of *Hevea brasiliensis* (H.B.K) Muell. Arg in the climatic conditions of northern Gabon.

This work was undertaken in 2013, at the nursery in Baturi, to determine the main factors that influence the success of *Hevea brasiliensis* transplant in climatic conditions in northern Gabon. The study was conducted by ten grafters, during four months (June- September) according to a factorial device comprising 4 treatments and 4 replications. Two rubber clones (GT1 and PB 217) were used with two methods of rootstocks transplanting: in polyethylene bags and in the ground. Assessed parameters were the number of successful transplants and the graft success rate, by clones and by transplanting method, the grafting period and the origin of grafting wood. The results of the trial showed that, on the number of successful grafts and the clone graft success rate, by clones, by grafting method and by month, there are highly significant differences ($P < 0.0001$) at the threshold of 5%. As for the success rate, the clone GT1 gives better results (57.1%) compared to the clone PB 217 (40.9%). Transplanting into a polyethylene bag is better (57.2%) compared to the nursery in the ground (40.8%). Over the grafting period, the good results are obtained in September. The origin of the graft wood also had a highly significant effect ($P < 0.0001$) at the threshold 5% with the grafted wood from the Olam Rubber graft garden giving better results. A significant interaction clone*seedbed, clone*month was also determined at the 5% level. The results also show that the technicality of the grafters has no influence on the outputs obtained regardless of the method of rootstock transplanting.

Occurrence of Gill Monogenean Parasites in Redbelly tilapia, *Tilapia zillii* (Teleostei: Cichlidae) from Lobo River, Côte d'Ivoire

Georges KASSI BLAHOUA*, Euphrasie YEDEHI ADOU, N'Doua RAPHAËL ETILE, Silvain STANISLAS YAO and Valentin N'DOUBA

Department of Biological Sciences, Laboratory of Hydrobiology, Faculty of Science and Technology, University of Félix Houphouët Boigny, Abidjan, 22 P.O. Box 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

Corresponding Author: E-mail: kassiblahoua@yahoo.fr; Tel: +22509856307/ +22504602531

Key words: *Tilapia zillii*, Gill monogenean, infection level, River Lobo, Côte d'Ivoire.

1 ABSTRACT

A study was made on gill monogenean infestation of 231 *Tilapia zillii* (Redbelly tilapia) collected from Lobo River during August 2004 to July 2005. After recording biometric characteristics, common necropsy and parasitology methods were used. Three species belonging to genus *Cichlidogyrus* (*C. digitatus*, *C. aegypticus* and *C. vexus*) were recorded. An aggregated dispersion for all monogenean species was observed. There was a positive and significant correlation between the intensity of infection and the relative condition factor. The infestation exhibited seasonal fluctuation; the maximum intensities of parasite infection were recorded in the rainy seasons and the minimum in the dry seasons. The higher value of Shannon based evenness suggests that community structures show consistent distribution of all species during the seasons of the year. As to host size-related incidence, the differences in the number of the three species among the four-host size classes were significant ($p < 0.05$). No significant differences were found in the infrapopulations of the three parasite species between host sexes and in the distribution of these parasites among the left and right-hand gill sets ($p > 0.05$). In contrast, parasite species mostly concentrated in the middle arches ($p < 0.05$). This information is information will allow further researches on protocols for monitoring parasitic infection in intensive fish farming.

2 INTRODUCTION

Monogeneans are a group of parasitic flatworms that are commonly found on fishes and lower aquatic invertebrates (Reed *et al.*, 2012). Majority of them are ectoparasites and have direct life cycle. The larva is usually a small ciliated oncomiracidium, which hatches from the egg and swims to locate and infect another host (MonoDb, 2015). All monogeneans are oviparous (egg layers) except gyrodactylids which are viviparous (produce live offsprings) in nature (Paperna, 1996). According to Jalali and Barzegar (2006) and Tasawar *et al.* (2009), the adult stage of parasite is more dangerous to fish health

depending on factors such as modes of attachment, the size and weight of host. Attachment of ectoparasites such as Monogeneans to gill and skin of fishes causes localized hyperplasia, disturbance of osmoregulation and mortality of the host (Piasecki *et al.*, 2004; Bednarska *et al.*, 2009). This can also result in secondary infections in the host from viruses, bacteria and fungi (Tumbol *et al.*, 2001; Xu *et al.*, 2007). The parasites disease of fish reduces the amount of food available to people around the globe (Bichi and Ibrahim, 2009). The parasites usually affect the



marketability of commercially produced fish, thus raising many public health concerns (Barson, 2004). *Tilapia zillii* (Gervais 1848) (Osteichthyes, Perciformes, Cichlidae) commonly referred to as Redbelly tilapia is among the several fish species found in the Lobo River, Côte d'Ivoire. It is used for aquaculture, commercial aquarium trade, as weed control agent and as a recreational fishery for many countries throughout the world (Adesulu and Sydenham, 2007; Elias *et al.*, 2014). Redbelly is used for controlling species of aquatic plants. It has also been used to control noxious aquatic insects, mosquitoes and chironomid midges. Redbelly tilapia is a highly sought after, important recreational fishing species as well as important commercially. Redbelly tilapia is also a major source of cheaper protein hence studies on

parasites occurrence are very important. Although much has been done on the taxonomy and biology of monogeneans on fish in Africa (Pariselle and Euzet, 2009), there is apparently little information on infection dynamics (Akoll *et al.*, 2012; Keremah and Inko-Tariat, 2013; Tombi *et al.*, 2014; Blahoua *et al.*, 2015; 2016). The only reports available of epidemiological studies in Ivoirian wild fish are those of Blahoua *et al.* (2015, 2016) carried out in a man-made Lake Ayamé I. However, there is no report on the occurrence of monogenean parasites on Redbelly tilapia in natural population of freshwater. Therefore, the aim of the present study is to survey monogenean gill infections of a natural-water fish, *Tilapia zillii* in Lobo River, Côte d'Ivoire.

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 Study area: This stream is one of major primary tributaries of the Sassandra River Basin of the left shore (Girard *et al.*, 1971). According to Camus (1969), this River has its source at 340 m altitude near Séguéla. It is 290 km long and has a mean area of 12600 km² (Girard *et al.*, 1971; Anonyme, 2001). The river receives two major tributaries on the left shore namely Dé and Goré Rivers. The Lobo tributary is shaded by

overhanging canopy of riparian vegetation (Figure 1). Two dry and two rainy seasons are recognized in the study area (Eldin, 1971). The long dry season (LDS) extends from November to February and the short one (SDS) from July to August. The long rainy season (LRS) occurs from March to June and the short one (SRS) from September to October.

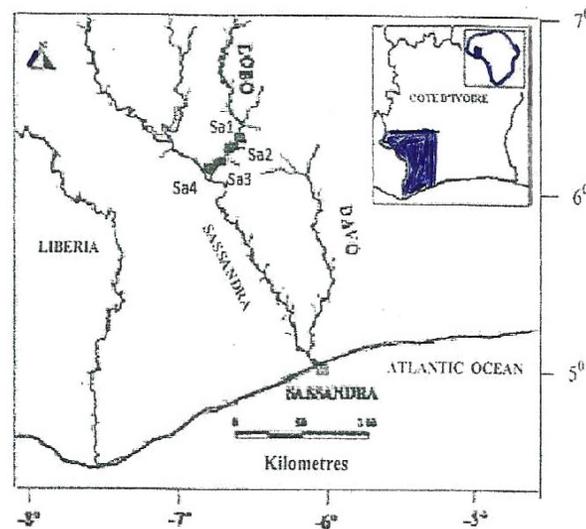


Figure 1. Map showing the localization of sampling stations (Sa) in the Lobo River (Côte d'Ivoire, West Africa).

3.2 Data collection: Fishes were collected monthly with a fleet of 17 weighted monofilament gill nets (8 to 90 mm mesh sizes); 30 m in length and 1.5 m in height were employed to capture fish. Nets were set overnight (17 to 07 h) and during the following day (07 to 12 h). In the field, the fish caught were identified following Teugels and Thys van den Audenaerde (2003), and standard length (mm) and body weight (g) were recorded for each specimen. The fish sampled were divided into four different length classes of 50 mm amplitude (class I: SL ranged between 50 - 100 mm; class II: SL ranged between 100 - 150 mm; class III: SL ranged between 150 - 200 mm and class IV: SL ranged between 200 - 250 mm). The effect of the parasites on the health status of the fish host was investigated from Fulton's condition factor (K-factor) with the following formula: $Kc = W \times 10^5 / SL^3$, where W is the weight (grams) and SL the standard length of fish (millimeters) (Klemm *et al.*, 1992). Fishes were decerebrated without bloodshed and dissected to determine their sex by visual inspection of urinogenital papilla and gonads. After being determined the sex, the operculum was removed to expose the gills, which were carefully removed fresh, separated into left and right, and stored in ice (0

°C). Upon arrival at the laboratory, the left and right gill arches excised were separated, and placed in a Petri dish containing water. Gill arches were examined using a binocular microscope (Olympus SZ 60). Left and right arches were numbered 1 to 4, gill arch 1 nearest the operculum and gill arch 4 nearest the midline. Monogeneans were removed, fixed and mounted in a drop of ammonium picrate-glycerine mixture, following the method of Malmberg (1957). Observed parasites were identified based on available taxonomic characters as described by Pariselle and Euzet (2009).

3.3 Data analysis: Classical epidemiological variables (prevalence and intensity) were calculated according to Bush *et al.* (1997). The classification of the species based on prevalence (P) was made according to Valtonen *et al.* (1997). Thus, parasite species were considered as frequent if $P > 50\%$, as less frequent if $10 \leq P \leq 50\%$ and rare if $P < 10\%$. These categories may correspond to what other authors such as Koskivaara and Valtonen (1992) termed respectively as core, secondary or satellite species. The mean intensity (MI) was considered as high if $MI > 100$, average if $50 < MI \leq 100$, low if $10 < MI \leq 50$ and very low if $MI < 10$ (Bilong Bilong and Njiné, 1998). The dispersion index



(S^2/X) was used to examine the pattern of aggregation of the species of ectoparasites (Shaw and Dobson, 1995). Parasite diversity of the sample was calculated using Shannon's (Shannon and Weaver, 1963) index of diversity (H'). For evenness, Shannon-based evenness was calculated. Standard statistical computation (standard deviation) was carried out using Microsoft Excel. Spearman's rank correlation coefficient "rs" was calculated to determine the existence of any meaningful association between

abundances of monogenean species and relative condition factor of the hosts (Zar, 1996). Statistical significance differences observed in the prevalence values were assessed using the Chi-square (χ^2) test, according to Rosza *et al.* (2000). Analysis of variance and Student U test were respectively used to compare two and several averages. The statistical significance level was evaluated at $p \leq 0.05$. The various statistical analyses were performed using the STATISTICA program version 7.1.

4 RESULTS

4.1 Species richness and status of monogenean parasites species: Three monogenean species were found to have infested the gills of *Tilapia zillii* collected at Lobo River. The core species of this component infracommunity was *Cichlidogyrus digitatus*. Its mean intensity was low and this monogenean adopted a regular distribution. *Cichlidogyrus aegypticus* and *C. vexus* were secondary species. The

mean intensity was very low for *C. vexus* and it was low for *C. aegypticus*. These two species adopted an aggregated distribution (Table 1). A significant association was observed between fish condition factor and the presence of monogeneans *Cichlidogyrus vexus*, *C. aegypticus* and *C. digitatus* (rs = 0.41, 0.62 and 0.83 respectively, $p = 0.00 < 0.05$).

Table 1. Prevalence, mean intensity, variance, dispersion index and distribution of gill monogenean parasites of *Tilapia zillii*

Monogenean species	Prevalence (%)	Mean intensity \pm SD	Variance	Dispersion Index (S^2/X)	Distribution
<i>Cichlidogyrus digitatus</i>	70.99	24.43 \pm 25.64	560.5	22.94	Aggregated
<i>Cichlidogyrus aegypticus</i>	44.59	11.13 \pm 11.26	206.24	18.53	Aggregated
<i>Cichlidogyrus vexus</i>	38.96	7.09 \pm 6.38	92.05	13	Aggregated

SD: Standard Deviation

4.2 Seasonality and distribution of monogenean species: Three monogenean gill parasite species were recorded during the sampling period from the redbelly tilapia, *Tilapia zillii*. There were *Cichlidogyrus vexus* (overall prevalence 71%), *C. aegypticus* (overall prevalence 44.6%) and *C. digitatus* (overall prevalence 39%). As for *Cichlidogyrus digitatus*, the prevalence levels of infestation were highest (100%) in long rainy season, followed by 78.9% in small rainy season, 51.8% in small dry season and 49.3% in long dry

season. The highest mean intensity (30.8 parasites/fish) (range: 1-135) was recorded in long rainy season and the lowest mean intensity (10.3 parasites/fish) (range: 1-64) in long dry season (Table 2). Globally, seasonal changes in the prevalence and mean intensity of this parasite species also showed variation ($X^2 = 51.59$, $df = 3$, $p = 0.00 < 0.05$; Analysis of variance $F = 21.75$, $dl = 3$, $p = 0.00 < 0.05$, respectively). A significant difference was also found between small dry and rainy seasons (Student $t = 4.89$, $p =$



0.039), small dry season and long rainy season (Student $t = 6.18$, $p = 0.0046 < 0.05$), small rainy season and long dry season (Student $t = 8.28$, $p = 0.008 < 0.05$), and between long dry and rainy seasons (Student $t = 3.93$, $p = 0.007 < 0.05$). However, there were no significant differences in the intensity of infection between small and long dry seasons (Student $t = 3.61$, $p = 0.32 > 0.05$) and between small and long rainy seasons (Student $t = 4.12$, $p = 0.06 > 0.05$). The rate of infestation of *Cichlidogyrus aegypticus* was maximum (62.4%) in long rainy season, followed by 58.1% in small rainy season, 34.5% in small dry season and 21.2% in long dry season. The maximum intensity level was found in long rainy season as 14.2 parasites/fish (range: 1-71), decreasing gradually to 11.9 parasites/fish (range: 1-63) in small rainy season, and 6.1 parasites/fish (range: 1-42) in small dry season; the minimum mean intensity was detected in long dry season at 4.6 parasites/fish (range: 1-32) (Table 2). There was a significant difference in prevalence between seasons ($X^2 = 28.61$, $df = 3$, $p = 0.00 < 0.05$). A seasonal effect was noted for this species between

small dry and rainy seasons (Student $t = 4.62$, $p = 0.04$), small dry season and long rainy season (Student $t = 4.06$, $p = 0.01539 < 0.05$), small rainy season and long dry season (Student $t = 7.38$, $p = 0.00179 < 0.05$) and long dry and rainy seasons (Student $t = 6.87$, $p = 0.0005 < 0.05$). In contrast, no significant difference in the number of parasites was found between small and long dry seasons (Student $t = 8.21$, $p = 0.09 > 0.05$) and between small and long rainy seasons (Student $t = 6.2$, $p = 0.7 > 0.05$). The prevalence of infestation of *Cichlidogyrus vexus* ranged from 19.6% in long dry season to 56.1% in long rainy season throughout the seasons. The mean intensity levels recorded during the sampling period showed that the minimum level of mean intensity (3.2 parasites/fish) (range: 1-14) was found in long dry season and the maximum level (8.6 parasites/fish) (range: 1-61) in long rainy season (Table 2). The rates of infestation of this species varied significantly among seasons ($X^2 = 22.87$, $df = 3$, $p = 0.00 < 0.05$; Analysis of variance $F = 14.69$, $df = 3$, $p = 0.02 < 0.05$).

Table 2. Seasonal changes of Prevalence (%) and Mean intensity (MI) of gill monogenean parasites of *Tilapia zillii*

Monogenean species	small dry season (n=52)			small rainy season (n=53)			long dry season (n=61)			long rainy season (n=64)		
	P (%)	MI±SD	Range	P (%)	MI±SD	Range	P (%)	MI±SD	Range	P (%)	MI±SD	Range
<i>C. digitatus</i>	51.8	11.2±0.3	1-95	78.9	28.9±4.2	1-126	49.3	10.3±3.2	1-64	100	30.8±11.6	1-135
<i>C. aegypticus</i>	34.5	6.1±4.3	1-42	58.1	11.9±2.8	1-63	21.2	4.6±4.1	1-32	62.4	14.2±8.4	1-71
<i>C. vexus</i>	28.87	4.2±2.3	1-30	48.8	7.4±1.9	1-55	19.6	3.2±0.7	1-14	56.1	8.6±7.3	1-61

SD: Standard Deviation

A significantly difference was found between small dry and rainy seasons (Student $t = 2.14$, $p = 0.016 < 0.05$), small and long dry seasons (Student $t = 3.2$, $p = 0.04$), small dry season and long rainy season (Student $t = 5.12$, $p = 0.037 < 0.05$) and small rainy season and long dry season (Student $t = 1.98$, $p = 0.00 < 0.05$) and long dry and rainy seasons (Student $t = 3.68$, $p = 0.034 < 0.05$). However, there were no significant differences in the intensity of infection between

small and long rainy seasons (Student $t = 3.51$, $p = 0.07 > 0.05$). In the present study, Shannon-Wiener index varied from a lowest of 0.701 bit.ind⁻¹ during the long dry season to a highest of 0.86 during the long rainy season. Evenness index ranged from a minimum of 0.64 in the long dry season to a maximum of 0.78 in the long rainy season. The three monogeneans were more organized in the rainy season than those in the dry season. For the monogenean component

infracommunities on the redbelly tilapia from different sampling period, none of these parameters exhibited significant seasonal difference (Analysis of variance $F = 4.41$ and 1.98 , $dl = 3$, $p = 0.63$ and $0.71 > 0.05$, respectively).

4.3 Monogenean species according to host size: Prevalence and mean intensity of parasitic monogenean infection varied with host size (Figures 2 and 3). The prevalence of *Cichlidogyrus digitatus* varied from 35.3% in the size group I to 100% in the size group IV, and the intensity of infection varied from 9.2 parasites/fish to 31.3 parasites/fish in these size groups, respectively. There was a significant difference between the rates of infestation (prevalence and intensity of infection) of *C. digitatus* and the host size groups ($X^2 = 68.7$, $df = 3$, $p = 0.00 < 0.05$; Analysis of variance $F = 7.28$, $dl = 3$, $p = 0.00 < 0.05$, respectively). There was a significant difference between the number of this monogenean and the size groups I and III (Student $t = 3.02$, $p = 0.00 < 0.05$), the size groups I and IV (Student $t = 2.55$, $p = 0.01 < 0.05$), size groups II and III (Student $t = 2.01$, $p = 0.02 < 0.05$) then between the size groups II and IV (Student, $t = 3.57$, $p = 0.00 < 0.05$). *Cichlidogyrus aegypticus* was occurred in the fish with a varying prevalence from 20.6% in the size group I to 56.5% in the size group IV. The mean

intensity ranged from 5 parasites/fish in size group I to 12.71 parasites/fish in the size group IV. The difference in the prevalence and the intensity of infection of this species among the 4 size groups was significant ($X^2 = 21.37$, $df = 3$, $p = 0.00 < 0.05$; Analysis of variance $F = 6.84$, $dl = 3$, $p = 0.00 < 0.05$, respectively). Statistically difference was recorded between the intensity of infection of this species and the size groups I and III (Student $t = 0.66$, $p = 0.02 < 0.05$), the size groups I and IV (Student $t = 1.97$, $p = 0.04 < 0.05$), the size groups II and III (Student $t = 1.71$, $p = 0.04 < 0.05$) then between the size groups II and IV (Student $t = 5.24$, $p = 0.00 < 0.05$). *Cichlidogyrus vexus* was found in the fish of all size groups, with a varying prevalence from 11.7% in the size group I to 52.9% in the size group IV, and the intensity of infection varied from 2.5 parasites/fish to 8.9 parasites/fish in these size groups, respectively. A significant difference in prevalence and mean intensity according to size group was observed ($X^2 = 20.63$, $df = 3$, $p = 0.00 < 0.05$; Analysis of variance $F = 3.30$, $dl = 3$, $p = 0.02 < 0.05$). A significant difference was observed between the number of this parasite and the size groups I and III (Student $t = 0.42$, $p = 0.00 < 0.05$), the size groups I and IV (Student $t = 1.34$, $p = 0.00 < 0.05$) then between the size groups II and IV (Student $t = 3.57$, $p = 0.00 < 0.05$).

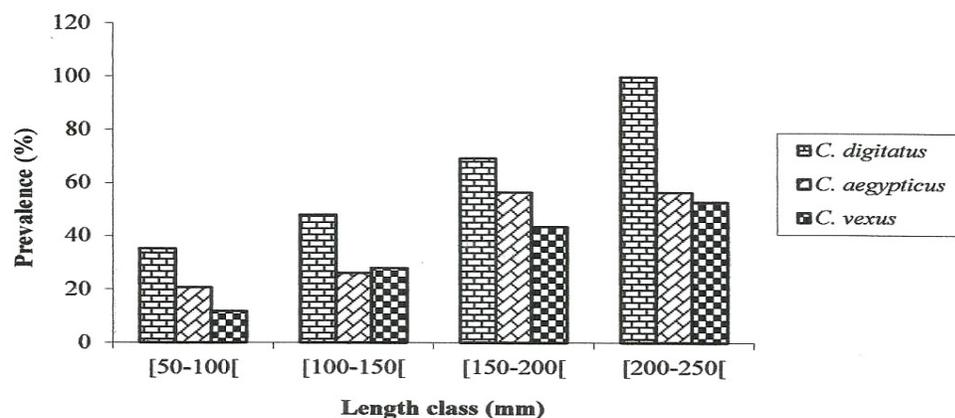


Figure 2. Prevalence (%) of *Cichlidogyrus digitatus* (*C. digitatus*), *Cichlidogyrus aegypticus* (*C. aegypticus*) and *Cichlidogyrus vexus* (*C. vexus*) according to the host length class.

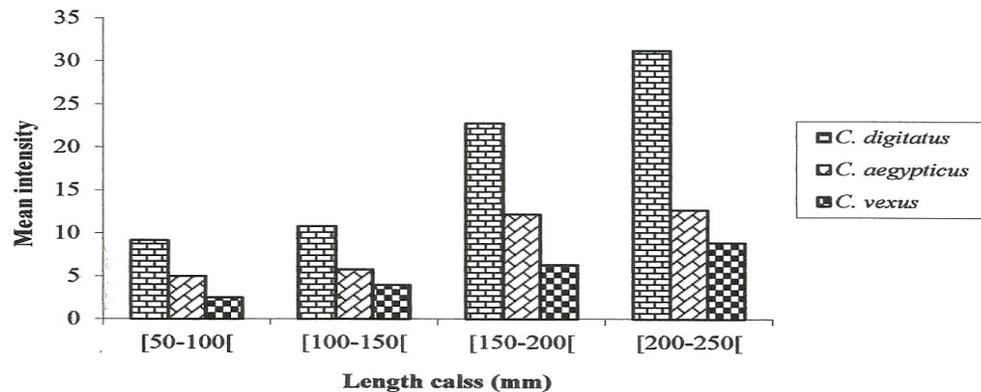


Figure 3. Mean intensity of *Cichlidogyrus digitatus* (*C. digitatus*), *Cichlidogyrus aegypticus* (*C. aegypticus*) and *Cichlidogyrus vexus* (*C. vexus*) according to the host length class.

4.4 Monogenean species according to host sex: A total of 231 specimens of *Tilapia zillii* (125 males and 106 females) were examined for monogenean parasites. The prevalence of infestation was slightly higher in females than males. Of the 106 females, 77 females were found to be infested by one or more parasites species. Overall prevalence of parasitic infestation was found to be 77.6% and 70.4% in females and males, respectively (Figures 4 and 5). The prevalence and mean intensity levels of *Cichlidogyrus digitatus* were higher in females (respectively 72.6% and 24.4 parasites/fish) than in males (respectively 70.4% and 23.4 parasites/fish). The rates of infestation (prevalence and intensity of infection) did not differ between males and females ($X^2 = 0.14$, $df = 1$, $p = 0.707$; Analysis of variance $F = 0.11$, $dl = 1$, $p = 0.73 > 0.05$, respectively). The monogenean *Cichlidogyrus aegypticus* was found in 56 of 125 male fish examined (44.8%) and in 47

of 106 female fish (44.3%), with a mean intensity of 10.8 parasites/fish and 11.6 parasites/fish, respectively. The Chi square test (X^2) test applied showed that this species was partitioned equally between males and females ($X^2 = 0.0$, $df = 1$, $p = 0.944 > 0.05$). Analysis of variance also indicated that host sex did not affect significantly the intensity of infection of *C. aegypticus* (Analyse of variance $F = 0.21$, $dl = 1$, $p = 0.65 > 0.05$). *Cichlidogyrus vexus* occurred in male and female fish. This species was recorded in 40 out of 106 females (37.7%) and in 50 out of 125 males (40%). In contrast, the intensity of infection was slightly higher in females (7.2 parasites/fish) than in males (6.9 parasites/fish). No significant differences were noted among prevalence and intensity of infection of this monogenean in male and female hosts ($X^2 = 0.12$, $df = 1$, $p = 0.725 > 0.05$, Analysis of variance $F = 0.54$, $p = 0.46 > 0.05$, respectively).

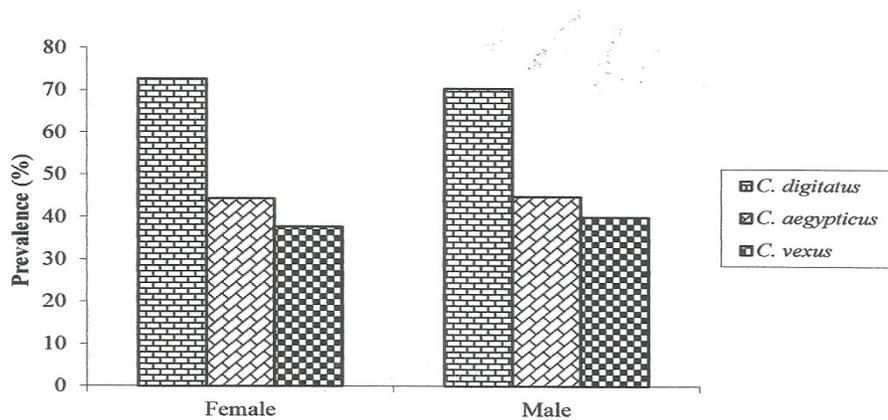


Figure 4. Prevalence (%) of *Cichlidogyrus digitatus* (*C. digitatus*), *Cichlidogyrus aegypticus* (*C. aegypticus*) and *Cichlidogyrus vexus* (*C. vexus*) according to the host sex.

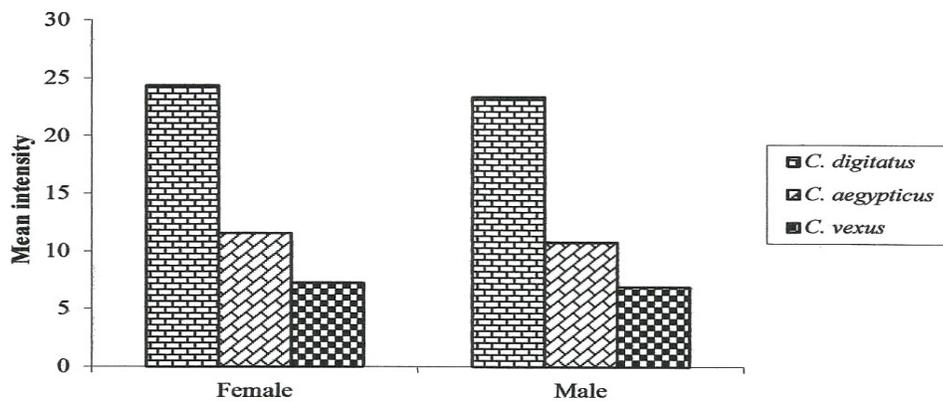


Figure 5. Mean intensity of *Cichlidogyrus digitatus* (*C. digitatus*), *Cichlidogyrus aegypticus* (*C. aegypticus*) and *Cichlidogyrus vexus* (*C. vexus*) according to the host sex.

4.5 Branchial repartition of monogenean species: As for *Cichlidogyrus digitatus*, the prevalence was 96.7% on the left and 90% on the right sides. Its mean intensity value was 20.2 parasites/fish and 18.56 parasites/fish on the left and right sides, respectively. Host side did not affect significantly the infection ($X^2 = 1.07$, $df = 1$; $p = 0.301 > 0.05$; Analysis of variance $F = 0.21$, $dl = 1$, $p = 0.45 > 0.05$, respectively) (Figures 6 and 7). Most parasites occurred on the second and the third gill arches of the branchial chamber ($X^2 = 26.02$, $df = 3$, $p = 0.000 < 0.05$; Analysis of variance $F = 7.28$, $dl = 3$, $p = 0.00 < 0.05$, respectively) (Figures 8 and 9). The

prevalence and mean intensity values of *Cichlidogyrus aegypticus* was respectively 73.3% and 18.1 parasites/fish on the left and 70% and 16.7 parasites/fish on the right side. This species was partitioned equally between left and right host sides ($X^2 = 0.08$, $df = 1$, $p = 0.3006 > 0.05$; Analysis of variance $F = 0.37$, $dl = 1$, $p = 0.22 > 0.05$) (Figures 6 and 7). Statistical tests revealed that the infection level of this monogenean species varied significantly from the first gill arch to the fourth one, indicating a pattern of gill-arch preferences ($X^2 = 10.837$, $df = 3$, $p = 0.01264 < 0.05$; Analysis of variance $F = 6.84$, $p = 0.00 < 0.05$) (Figures 8 and 9). *Cichlidogyrus vexus* was

present in 60% on the left side and 63.3% on the right side. The prevalence did not differ between left and right sides ($X^2 = 0.07$, $df = 1$, $p = 0.774 > 0.05$). The mean intensity value was 14.3 parasites/fish on the left side whereas it was 14.9 parasites/fish on the right side (Figures 6 and 7). In addition, there was no significant difference

in the intensity of infection between host sides (Analysis of variance $F = 0.03$, $df = 1$, $p = 0.1 > 0.05$). Most parasites were mainly isolated from the second and third gill arch filaments ($X^2 = 11.383$, $df = 3$, $p = 0.00983 < 0.05$; Analysis of variance $F = 3.30$, $p = 0.02 < 0.05$) (Figures 8 and 9).

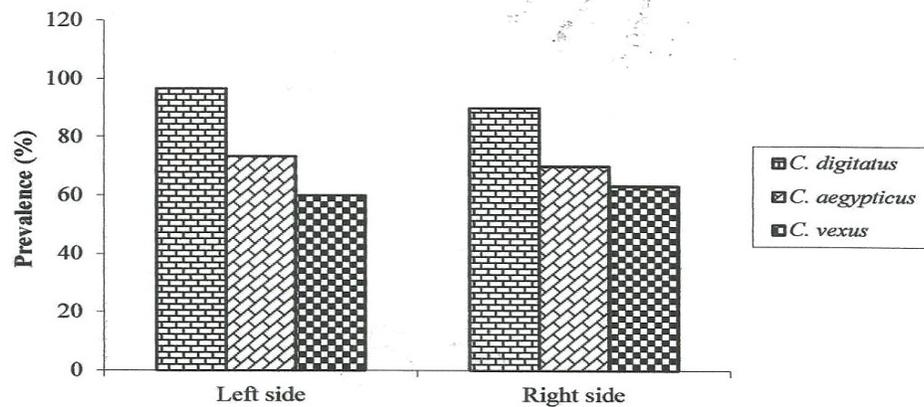


Figure 6. Prevalence (%) of *Cichlidogyrus digitatus* (*C. digitatus*), *Cichlidogyrus aegypticus* (*C. aegypticus*) and *Cichlidogyrus vexus* (*C. vexus*) according to the host side.

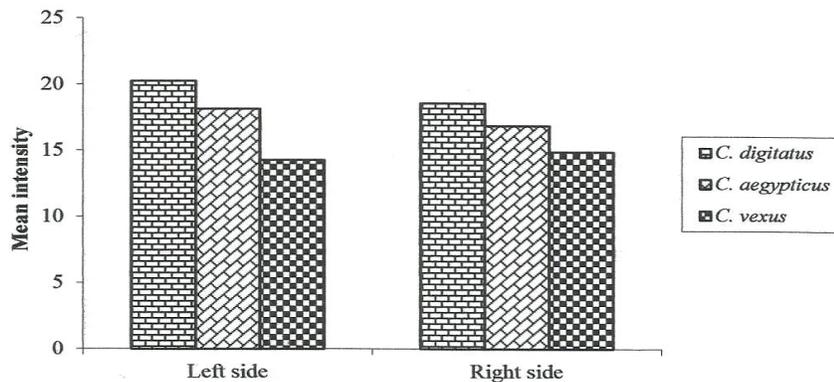


Figure 7. Mean intensity of *Cichlidogyrus digitatus* (*C. digitatus*), *Cichlidogyrus aegypticus* (*C. aegypticus*) and *Cichlidogyrus vexus* (*C. vexus*) according to the host side.

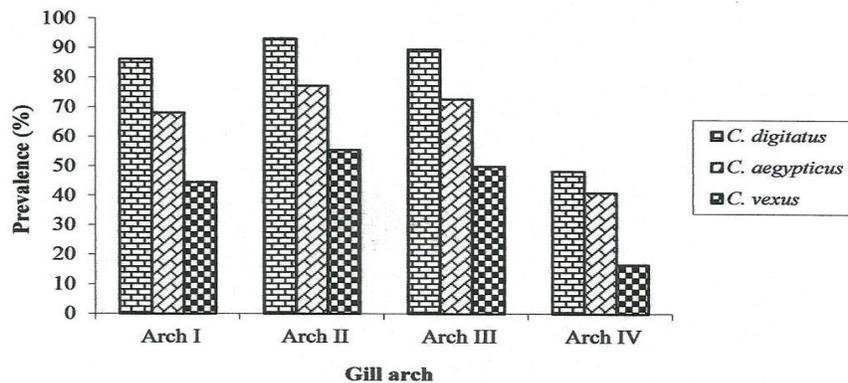


Figure 8. Prevalence (%) of *Cichlidogyrus digitatus* (*C. digitatus*), *Cichlidogyrus aegypticus* (*C. aegypticus*) and *Cichlidogyrus vexus* (*C. vexus*) according to the gill arch.

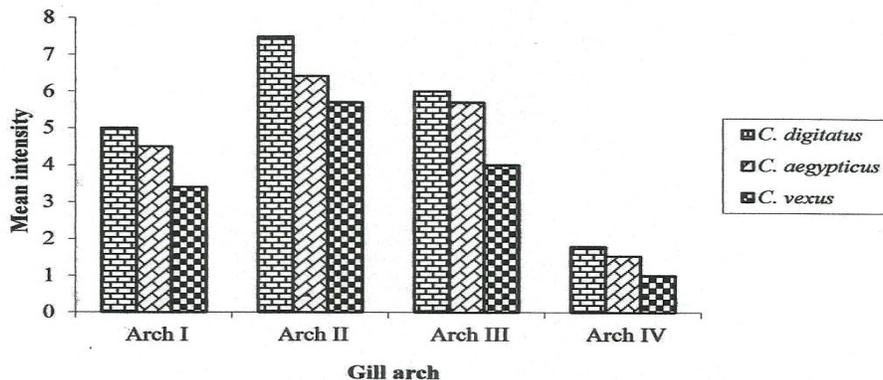


Figure 9. Mean intensity of *Cichlidogyrus digitatus* (*C. digitatus*), *Cichlidogyrus aegypticus* (*C. aegypticus*) and *Cichlidogyrus vexus* (*C. vexus*) according to the gill arch.

5 DISCUSSION

Previously studies on the monogenean species-richness of Cichlid host have been conducted. Euzet and Pariselle (2009) reported that in Africa, eleven monogenean species infested *Tilapia zillii* gill system namely: *Cichlidogyrus aegypticus*, *C. anthemocolpos*, *C. arthracanthus*, *C. cubitus*, *C. digitatus*, *C. ergensi*, *C. ornatus*, *C. tiberianus*, *C. vexus*, *C. yanni* and *Scutogyrus longicornis*. In this study, the gill parasite community of *T. zillii* collected at Lobo River consisted of three of the eleven monogeneans species described in Africa and also presents a low species-richness compared to *T. zillii* from the man-made Lake Ayamé I (Côte d'Ivoire) in which a total of eight species have been recorded (N'Douba, 2000). This variability

of parasite richness has been associated to various factors among them experimentation factors (effort of individuals examined hosts) (Walther *et al.*, 1995), factors related to the host and with its social behavior (trait of life, size, habitat and behavior) (Morand *et al.*, 1999; Zharikova, 2000) and factors related to the phylogeny of hosts and parasites (Guégan and Morand, 1996; Sasal *et al.*, 1997). Factors linked to habitat environmental and biological aspects can also affect structure and species composition (Vidal-Martinez and Poulin, 2003, Tavares and Luque, 2008; Violante-Gonzalez *et al.*, 2010). Thus, the lack of the Monogeneans *Cichlidogyrus anthemocolpos*, *C. arthracanthus*, *C. cubitus*, *C. yanni*



and *C. tiberianus* in Lobo River could be due to the water current velocity. Indeed, the current is often evoked as a factor limiting the recruitment of infective larva stages, thus reducing the intensity of parasitism (Silan and Maillard, 1990). Moreover, this study has underlined a polyparasitism with predominance of *Cichlidogyrus* species on the gills of *Tilapia zillii* collected at Lobo River. Some cases in which more than one *Cichlidogyrus* species is present on a single host fish species have also been already reported. Ibrahim (2012) collected seven monogenean species of *Cichlidogyrus* from *Tilapia zillii* gill system. Lim *et al.* (2016) also found that, the gill system of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) is parasitized by six monogenean species. The great diversity of monogenean gill parasites in African Cichlids mentioned by Pariselle (1996) was hereby confirmed. This multi-specific parasitism of *T. zillii* could be explained by the permanent presence of vacant niches on its gill biotope (Simkova *et al.*, 2006). The studied monogenean was composed of one core species (*Cichlidogyrus digitatus*) and two secondary species (*C. aegypticus* and *C. vexus*), with very low intensities except for *C. digitatus* and *C. aegypticus* that were low. These findings are similar to those of Koyun (2011), who reported very low intensities of *Dactylogyrus minutus* and *D. anchoratus*, gill parasites of *Carassius carassius*. These results corroborate the observation in the natural environment where the parasitic load is generally limited due to the low density of hosts (Buchmann and Lindenstrøm, 2002). They could also show the low inflow of infective larvae. Indeed, under such conditions, the infrapopulation cannot easily reach a high-level due to own natural mortality of individuals (Combes, 1995). In the present study, all of the parasites presented an aggregated distribution pattern, which, according to Krasnov and Poulin (2010) is characteristic of parasite systems. The main cause of such distribution in host populations relates to environmental stochastic factors. Among these factors are the environmental changes to physical parameters in time and space, especially differences in host

susceptibility to infection, which can occur due to immunological and behavioural differences, as well as genetic factors (Zuben, 1997). Parasite population aggregation in a small host population increases the relationship stability, due to regulatory mechanisms such as host mortality, which depends on the parasite density and the decrease in survival and fecundity of parasites caused by intraspecific competition between parasites or immunological reactions of hosts (Dobson, 1990). According to Zuben (1997), the aggregated distribution pattern acts to increase the density dependent regulation, the abundance of both host and parasite, and reduce the level of competition among parasite species.

In several studies, there has been a growing interest on the influence of the abundance of parasitic species on the condition factor of host fish. Thus, Yamada *et al.* (2008) reported a significant and positive correlation of the condition factor of Cichlids with the abundance of a species of monogeneans. In contrast to these results, Tozato (2011) found no differences in condition factor of *Corydoras aeneus* (Gill, 1858) parasitized and not parasitized by monogeneans and concluded that these parasites did not affect the welfare of the host. The increase of number of parasites per host fish with the condition factor of the fish can be attributed to the fact that, the monogenean community studied has low pathogenicity to the host fish in this River. This study also agrees with Cone (1995), that larger fish and a better condition factor can withstand higher intensities of infection by monogeneans parasites despite being pathogenic. Regarding temporal variation of the occurrence of parasites, all species of monogeneans (*Cichlidogyrus digitatus*, *C. aegypticus* and *C. vexus*) identified have been present throughout the year in the host fish. The same trend was also reported by Bilong Bilong and Tombi (2005) who noticed that, except for *Dactylogyrus maillardi* absent in July 1999, there was temporary disappearance of *Barbus martorelli* gill monogenean parasites in Foulou stream. The presence of *Tilapia zillii* gill parasites suggested that physical and chemical conditions in Lobo River still

allowed these organisms' growth. In this study, seasonal variations in the prevalence and the intensity of infection of *Cichlidogyrus digitatus*, *C. aegypticus* and *C. vexus* were obtained. Highest infection levels were observed in the rainy seasons (small and long rainy seasons). These observations in lotic environment concur with findings of those of Blahoua *et al.* (2015) in lentic environment. The latter showed that the highest intensities of *Tilapia zillii* monogenean gill parasites occurred during the rainy seasons, whereas dry seasons are characterized by the mortality of adult worms as a result of higher water temperature (32.7 °C). Temperature is generally considered to be the most important factor associated with seasonal variation in monogenean infections, because all stages of the monogenean life cycle are temperature-dependent (Tubbs *et al.*, 2005; Hirazawa *et al.*, 2010). For *Cichlidogyrus digitatus*, *C. aegypticus* and *C. vexus* (usually few in dry seasons), water high temperature (e.g. 27 °C) must have been harmful on the adult worms. Specific diversity calculated by Shannon-Weaver index is a measure of the degree of the community organization; low diversity is synonymous to good organization while high diversity reveals poor organization (Caltra and Silan, 1996). It appears therefore that, the lower values of Shannon's (H) index specifies less diversification of parasitic community. The higher value of Shannon based evenness suggests that community structures show consistent distribution of all parasite species during the rainy and dry seasons. As regards the relationship between the level of *Cichlidogyrus* infection and the size of host fish, there have been several researches indicating that the abundance of *Cichlidogyrus* is often higher on older fish than younger ones. For example, Ibrahim (2012) reported the positive significant correlation of prevalence and mean intensity of seven monogenean species of *Cichlidogyrus* (*Cichlidogyrus arthracanthus*, *C. aegypticus*, *C. sclerosus*, *C. halli typicus*, *C. tilapiae*, *C. ergensi*, *C. tiberianus*) with the total length of *Tilapia zillii*. The increase in the parasite infection rate as a function of the size of the host specimen can be explained by the

increase in gill surface area with body length (Cable *et al.*, 2002; Bilong Bilong and Tombi, 2004). According to these authors, larger-sized fish provide a larger gill surface area that can hence accommodate greater numbers of parasites. Furthermore, the large volume of water flows over the gills of large fish would increase the possibility of their invasion by oncomiracidium (Simkova *et al.*, 2006). Monogenean species showed no preference for host sex. This concurs with Le Roux *et al.* (2011) who found no difference in infection of *Cichlidogyrus philander* attributable to the sex of *Pseudocrenilabrus philander philander*. Blahoua *et al.* (2016) also found the same result with all monogeneans of *Oreochromis niloticus*. Our result holds true with the views of Rohde (1993) who suggested that few parasite species show a preference for host sex. The present study indicates that there was no statistical difference in the distribution of monogeneans between the left and the right gills of *T. zillii*. Similarly, Blahoua *et al.* (2016) and Lim *et al.* (2016) also reported that there is no significant difference in the preferences of monogeneans on both the gill sides of *Oreochromis niloticus* and *Oreochromis spp.*, respectively. According to Rohde (1993), the preferences of a parasite to specific site of the host may be associated with the body symmetry of the parasites. Since *Cichlidogyrus* is bilateral symmetry, it is very likely that the monogeneans can have equitable distribution on both sides of the gills, which have similar morphology and exposure to ventilation current. The study of the occupation of the four pairs of gill arches revealed that the number of each parasite decreases in the antero-posterior direction. The first two to three gills were mostly infected by all the species of monogeneans. The gill arch IV has been least parasitized. These results are similar to those of Tombi *et al.* (2014) who showed that the number of *Cichlidogyrus thurstonae*, *C. halli*, *C. tilapiae* and *Scutogyrus longicornis* on the four-gill arches of *Oreochromis niloticus* decreased from arch I to arch IV. Based on parasite loads, this study reveals that *C. digitatus*, *C. aegypticus* and *C. vexus* occurred commonly on the gill arches II and III



of *Tilapia zillii*. Similarly, Özer and Öztürk (2005) had found greater and statistically significantly numbers of *Dactylogyrus cornu* on the second gill arches of *Vimba tenella*. Le Roux *et al.* (2011) also reported that, in *Pseudocrenilabrus philander philander*, *Cichlidogyrus philander* was preferentially attached to the arches II and III. The median preference arches II and III could be explained by two main factors: respiratory water currents and gill surface area as suggested by Gutiérrez and Martorelli

6 CONCLUSION

The study of the occurrence of the gill monogenean parasites in *Tilapia zillii* has identified the most vulnerable hosts. In fact, these organisms appeared throughout the year with an increase in the intensity of infection during the rainy season. Parasites adopted a regular distribution and a significant positive correlation between the intensity of infection and the relative condition factor was found.

7 ACKNOWLEDGMENTS

Authors wish to express their sincere thanks to the staff of Hydrobiology Laboratory of the University of Félix Houphouët Boigny Cocody-Abidjan (Côte d'Ivoire) for fieldwork assistance,

8 REFERENCES

- Adesulu EA. and Sydenham DHJ: 2007. The freshwater fishes and fisheries of Nigeria. Macmillian Nigerian Publishers' Ltd, Nigeria. 317pp.
- Akoll P, Konecny R, Mwanja WW, Nattabi JK, Agoe C. and Schiemer F: 2012. Parasite fauna of farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and African catfish (*Clarias gariepinus*) in Uganda. *Parasitol. Res.* 110(1): 315-323. <https://doi.org/10.1007/s00436-011-2491-4>.
- Anonyme: 2001. Plan directeur de gestion intégrée des ressources en eau en République de Côte d'Ivoire. Rapport final. Sanyu consultants inc. Katahira & engineers international, 452 p.
- Barson M: 2004. The occurrence of *Contraecum* sp. larvae (Nematoda: Anisakidae) in the catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) from Lake Chivero, Zimbabwe. *Onderstepoort J. Vet. Res.* 71: 35-39.
- Bednarska M, Bednarski M, Soltysiak Z. and Polechonski R: 2009. Invasion of *Lernaea cyprinacea* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *ACTA Sci. Pol. Med. Vet.* 8(4): 27-32.
- Bichi AH. and Ibrahim AA: 2009. A survey of ecto and intestinal parasites of *Tilapia zillii* (Gervais) in Tiga Lake, Kano, Northern Nigeria. *Bajopas* 2(1): 79-82.
- Bilong Bilong CF. and Njiné T: 1998. Dynamique de populations de trois monogènes parasites d'*Hemichromis fasciatus* (Peters) dans le lac municipal de Yaoundé et intérêt possible en



- pisciculture intensive. *Sci. Nat. et Vie* 34: 295-303.
- Bilong Bilong CF. and Tombi J: 2004. Hétérogénéité du système branchial de *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Poisson Cyprinidae) et modèle de croissance. *J. Cam. Acad. Sci.* 4(3): 211-218.
- Bilong Bilong CF. and Tombi J: 2005. Temporal structure of a component community gill parasites of *Barbus martorelli* Roman, 1971 (Freshwater Cyprinidae) in the centre province, Cameroon. *Cam. J. Biol. Biochem. Sci.* 13(1): 9-18.
- Blahoua KG, Yao SS, Etilé RN. and N'Douba V: 2015. Infection dynamics of four-gill Monogenean species from *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) in man-made Lake Ayame I, Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(1): 12-23. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i1.2>
- Blahoua KG, Yao SS, Etilé RN. and N'Douba V: 2016. Distribution of gill monogenean parasites from *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) in man-made Lake Ayamé I, Côte d'Ivoire. *Afr. J. Agric. Res.* 11(2): 117-129. <http://dx.doi.org/10.5897/AJAR2015.10399>
- Buchmann K. and Lindenstrøm T: 2002. Interactions between monogenean parasites and their fish hosts. *Int. J. Parasitol.* 32: 309-319.
- Bush AO, Kevin DL, Jeffrey ML. and Allen WS: 1997. Parasitology meets ecology on its own terms. *J. Parasitol.* 83: 575-583.
- Cable J, Tinsley RC. and Harris PD: 2002. Survival and embryo development of *Gyrodactylus gasterostei* (Monogenea: Gyrodactylidae). *Parasitology* 124: 53-68.
- Caltran H. and Silan P: 1996. Gill filaments of *Liza ramada*, a biotope for ectoparasites: Surface area acquisition using image analysis and growth models. *J. Fish Biol.* 49: 1267-1279.
- Camus H: 1969. Hydrologie du bassin du Sassandra (Note préliminaire). ORSTOM Section Hydrologie, 5, 70p.
- Combes C : 1995. Interactions durables. Ecologie et évolution du parasitisme. Masson.
- Cone DK: 1995. Monogenea (Phylum Platyhelminthes) cited by Woo, P.T.K, 1995 Fish Diseases Disorders.1; Protozoa, metazoan, infections CAP International.
- Dobson WD: 1990. The competitive strategy of the New Zealand dairy board. *Agribusiness* 6(6): 541-558.
- Eldin M : 1971. Le climat. In : *Le milieu naturel en Côte d'Ivoire* (Avenard J.M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J.L, Adjanohoun E., Perraud A., eds.). Mémoires ORSTOM 50: 77-108.
- Elias D, Negesse K, Solomon S. and Kassaye B: 2014. Food and feeding habits of the Red-belly *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) (Pisces: Cichlidae) in Lake Ziway, Ethiopia. *Agric. For. Fish.* 3(1): 17-23.
- El-Naggar AM. and Reda ES: 2003. Infestation level and spatial distribution of *Protoanclodiscooides mansourensis* El-Naggar 1987, a monogenean gill parasite from the long fin catfish *Chrysichthys auratus* Geoffroy, 1809. *Egypt. Aquat. Biol. Fish.* 7: 331-357.
- Girard G, Sircoulon J. and Touchebeuf P: 1971. Aperçu sur les régimes hydrologiques. In: *Le milieu naturel en Côte d'Ivoire* (Avenard JM, Eldin M, Girard G, Sircoulon J, Touchebeuf P, Guillaumet JL, Adjanohoun E, Perraud A, eds.). Mémoire ORSTOM 50: 109-155.
- Guégan JF. and Morand S: 1996. Polyploid hosts: strange attractors for parasites! *Oikos* 7: 366-370.
- Gutiérrez PA. and Martorelli SR : 1999. The structure of the monogenean community on the gills of *Pimelodus maculatus* from Río de la Plata (Argentina). *Parasitology* 119(02): 177-182.
- Hirazawa N, Takano R, Hagiwara H, Noguchi M. and Narita M: 2010. The influence of different water temperatures on *Neobenedenia girellae* (Monogenea)



- infection, parasite growth, egg production and emerging second generation on amberjack *Seriola dumerili* (Carangidae) and the histopathological effect of this parasite on fish skin. *Aquaculture* 299: 2-7. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.11.025>
- Ibrahim MM: 2012. Variation in parasite infracommunities of *Tilapia zillii* in relation to some biotic and abiotic factors. *Int. J. Zool. Res.* 8(2): 59-70.
- Jalali B. and Barzegar M: 2006. Parasites of Fishes in Zarivar Lake. *J. Agric. Sci. Technol.* 8: 47-59.
- Keremah RI. and Inko-Tariah MB: 2013. Comparative study of ectoparasites on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured under integrated and unintegrated pond systems. *Afr. J. Biotechnol.* 12(19): 2711-2714.
- Klemm O, Talbot RW. and Klemm KI: 1992. Sulfur dioxide in New England Fog, Atmospheric Environment 26, Part A, 2063-2075.
- Koskivaara M. and Valtonen ET: 1992. *Dactylogyrus* (Monogenea) communities on the gills of roach in three lakes in Central Finland. *Parasitology* 104: 263-272.
- Koyun M: 2011. Seasonal distribution and ecology of some *Dactylogyrus* species infecting *Alburnus alburnus* and *Carassius carassius* (Osteichthyes: Cyprinidae) from Porsuk River, Turkey *Afr. J. Biotechnol.* 10(7): 1154-1159. <https://doi.org/10.5897/AJB10.2022>
- Krasnov BR. and Poulin R: 2010. Ecological properties of a parasite: species-specific stability and geographical variation. In: *The biogeography of host-parasite interactions*. Morand S, Krasnov BR. New York: Oxford University Press Inc. pp. 99-114.
- Le Roux LE, Avenant-Oldewage A. and Walt van der FC: 2011. Aspects of the ecology of *Cichlidogyrus philander* collected from *Pseudocrenilabrus philander philander* from the Padda Dam, Gauteng, South Africa. *Afr. Zool.* 46: 103-116.
- Lim SY, Ooi AL. and Wong WL: 2016. Gill monogeneans of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) from the wild and fish farms in Perak, Malaysia: infection dynamics and spatial distribution. *Springer Plus* 5 (1): 1609. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3266-2>
- Lo CM. and Morand LS: 2001. Gill parasites of *Cephalopholis argus* (Teleostei: Serranidae) from Moorea (French Polynesia): site selection and coexistence. *Folia Parasitol.* 48: 30-36.
- Madanire-Moyo GN, Matla MM, Olivier PA. and Luus-Powell WJ: 2011. Population dynamics and spatial distribution of monogeneans on the gills of *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) from two lakes of the Limpopo River System, South Africa. *J. Helminthol.* 85: 146-152.
- Malmberg G: 1957. On the occurrence of *Gyrodactylus* on Swedish fishes. In: *Swedish, with description of species and a summary in English*. Skrifter utgivna av Södra Sveriges Fiskeriförening: pp. 19-76.
- MonoDb: 2015. MonoDb.org. A web-host for the Monogenea. (Accessed Mar. 2015).
- Morand S, Poulin R, Rohde K. and Hayward C: 1999. Aggregation and species coexistence of ectoparasites of marine fishes. *Int. J. Parasitol.* 129: 663-672.
- N'Douba V : 2000. Biodiversité des Monogènes parasites des poissons d'eau douce de Côte-d'Ivoire : cas des poissons des rivières Bia et Agnébi. Thèse Doctorat d'Etat. Université de Cocody, Abidjan (Côte d'Ivoire), 250 p.
- Özer A. and Öztürk T: 2005. *Dactylogyrus cornu* Linstow, 1878 (Monogenea) infestations on Vimba (*Vimba vimba* (Nordmann, 1840)) caught in the Sinop region of Turkey in relation to the host factors. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.* 29: 1119-1123.
- Pariselle A : 1996. Diversité, spéciation et évolution des monogènes branchiaux de Cichlidae en Afrique de l'ouest. PhD



- Thesis: University of Montpellier II, France, 187 p.
- Pariselle A. and Euzet L: 2009. Systematic revision of dactylogyridean parasites (Monogenea) from cichlid fishes in Africa, the Levant and Madagascar. *Zoosystema* 31(4): 849-898.
- Piasecki W, Goodwin AE, Eiras JC. and Nowak BF: 2004. Importance of copepoda in freshwater aquaculture. *Zool. Studies* 43(2): 193-205.
- Reed P, Francis-Floyd R, Klinger RE. and Petty D: 2012. Monogenean parasites of fish. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, FA28: 10 pp (Original publication date June, 1996, Reviewed May 2009, Revised June 2012).
- Rohde K: 1993. Ecology of Marine Parasites. An Introduction to Marine Parasitology. 2nd edition. CAB International, Wallingford, Oxon, U.K., 298 pp.
- Rózsa L, Reiczigel J. and Majoros G: 2000. Quantifying parasites in samples of hosts. *J. Parasitol.* 86: 228 - 232.
- Sasal P, Morand S. and Guegan JF: 1997. Parasite species richness for fish of the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149: 61-71.
- Shannon CE. and Weaver W: 1963. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana.
- Shaw DJ. and Dobson AP: 1995. Patterns of macroparasite abundance and aggregation in wildlife populations: A quantitative review. *Parasitology* 111: S111-S133.
- Silan P. and Maillard C: 1990. Comparative structures and dynamics of some populations of helminthes, parasites of fishes: the sea bass- *Diplectanum* model. *Acta oecologica* 11: 857-874.
- Simkova A, Verneau O, Gelnar M. and Morand S: 2006. Specificity and specialization of congeneric Monogenans parasiting Cyprinid. *Evolution* 60: 1023-1037. <http://doi.org/10.1554/05-521.1>
- Tavares LE. and Luque J: 2008. Similarity between metazoan parasite communities of two sympatric brackish fish species from Brasil. *J. Parasitol.* 94: 985-989.
- Tasawar Z, Naz F, Lashari MH, Hayat CS, Benish Ali SH, Naeem M. and Shaheen R: 2009. Incidence of lenaeid parasite in *Catla catla* on a fish farm. *Sarhad. J. Agric.* 25(2): 285-289.
- Teugels GG. and Thys van den Audenaerde DFE: 2003. Cichlidae. In : *Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest*. Tome 2. (Lévêque C, Paugy D, Teugels GG, eds.), MRAC (Tervuren), ORSTOM (Paris), pp. 521 - 600.
- Tombi J, Akoumba JF. and Bilong Bilong CF: 2014. The monogenean community on the gills of *Oreochromis niloticus* from Melen fish station in Yaounde, Cameroon. *Int. J. Mod. Biol. Res.* 2: 16-23.
- Tozato HC: 2011. Influência do parasitismo na condição de *Corydoras aeneus* (Gill, 1858) (Osteichthyes: Siluriformes) da bacia do ribeirão do Feijão, São Carlos, SP. *Rev. Cient. Elet. Med. Vet.*, Garça/SP 16:1-15.
- Tubbs LA, Poortenaar CW, Sewell MA. and Diggles BK: 2005. Effects of temperature on fecundity in vitro, egg hatching and reproductive development of *Benedenia seriola* and *Zenxapta seriola* (Monogenea) parasitic on yellowtail kingfish *Seriola lalandi*. *Int. J. Parasitol.* 35: 315-327. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2004.11.008>
- Tumbol RA, Powell MD. and Nowak BF: 2001. Ionic effect of infection of *Ichthyophthirius multifiliis* in goldfish. *J. Aquat. Anim. Health* 13(1): 20-6.
- Valtonen ET, Holmes JC. and Koskivaara M: 1997. Eutrophication, pollution, and fragmentation: effects on parasite communities in roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*) in four lakes in central Finland-*Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 572-585.
- Vidal-Martinez VM. and Poulin R: 2003. Spatial and temporal repeatability in parasite community structure of tropical fish hosts. *Parasitology* 127: 387-398.



- <https://doi.org/10.1017/S0031182003003792>
- Violante-Gonzalez J, Mendoza-Franco EF, Rojas-Herrera A. and Gil-Guerrero S: 2010. Factors determining parasite community richness and species composition in black snook *Centropomus nigrescens* (Centropomidae) from coastal lagoons in Guerrero, Mexico. *Parasitol. Res.* 107: 59-66. <https://doi.org/10.1007/s00436-010-1834-x>
- Walter BA, Clayton DH, Cotgreave PC, Gregory RD. and Price RD: 1995. Sampling effort and parasite species richness. *Parasitol. Today* 11: 306-310. [https://doi.org/10.1016/0169-4758\(95\)80047-6](https://doi.org/10.1016/0169-4758(95)80047-6)
- Xu DH, Shoemaker CA. and Klesius PH: 2007. Evaluation of the link between gyrodactylosis and streptococcosis of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *J. Fish. Dis.* 30: 233-238. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2007.00806.x>
- Yamada FH, Takemoto RM. and Pavanelli GC: 2008. Relação entre o fator de condição relativo (Kn) e abundância de ectoparasitos de brânquias, em duas espécies de ciclideos da bacia do rio Paraná, Brasil. *Acta Sci. Biol. Sci.* 30: 213-217.
- Zar JH: 1996. Biostatistical analysis, 3 Ed. Prentice-Hall Inc.: Upper saddle river New Jersey, pp. 662.
- Zharikova TI: 2000. The adaptative reactions of the gill ectoparasites of the bream (*Abramis brama*) and the white bream (*Blicca bjoerkna*) onto the anthropogenic factor influence in the Ivan'kovo reservoir. *Parasitology* 34(1): 50-55.
- Zuben CJV: 1997. Implicações da agregação espacial de parasitas para dinâmica populacional na interação hospedeiro-parasita. *Revista de Saúde Pública* 31(5): 523-530.



Occurrence of Gill Monogenean Parasites in Redbelly tilapia, *Tilapia zillii* (Teleostei: Cichlidae) from Lobo River, Côte d'Ivoire

Georges KASSI BLAHOUA*, Euphrasie YEDEHI ADOU, N'Doua RAPHAËL ETILE, Silvain STANISLAS YAO and Valentin N'DOUBA

Department of Biological Sciences, Laboratory of Hydrobiology, Faculty of Science and Technology, University of Félix Houphouët Boigny, Abidjan, 22 P.O. Box: 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

Corresponding Author: E-mail: kassiblahoua@yahoo.fr; Tel: +22509856307/ +22504602531

Key words: *Tilapia zillii*, Gill monogenean, infection level, River Lobo, Côte d'Ivoire.

1 ABSTRACT

A study was made on gill monogenean infestation of 231 *Tilapia zillii* (Redbelly tilapia) collected from Lobo River during August 2004 to July 2005. After recording biometric characteristics, common necropsy and parasitology methods were used. Three species belonging to genus *Cichlidogyrus* (*C. digitatus*, *C. aegypticus* and *C. vexus*) were recorded. An aggregated dispersion for all monogenean species was observed. There was a positive and significant correlation between the intensity of infection and the relative condition factor. The infestation exhibited seasonal fluctuation; the maximum intensities of parasite infection were recorded in the rainy seasons and the minimum in the dry seasons. The higher value of Shannon based evenness suggests that community structures show consistent distribution of all species during the seasons of the year. As to host size-related incidence, the differences in the number of the three species among the four-host size classes were significant ($p < 0.05$). No significant differences were found in the infrapopulations of the three parasite species between host sexes and in the distribution of these parasites among the left and right-hand gill sets ($p > 0.05$). In contrast, parasite species mostly concentrated in the middle arches ($p < 0.05$). This information is information will allow further researches on protocols for monitoring parasitic infection in intensive fish farming.



Caractérisation vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire: cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubré

KOUA Saman Hervé^{1,2*}, COULIBALY N'golo Antoine Marie-David², ALLOUE-BORAUD Wazé Aimée Mireille¹

1Département de Sciences et Technologies des Aliments, Laboratoire de Biotechnologie et Microbiologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, 02 bp 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

2Plate-forme de Biologie Moléculaire, Institut Pasteur, Côte d'Ivoire.

Auteur correspondant : saman.koua@aiesec.net

Mots clé : Phytopathogènes du cacao ; Biopesticides ; Pourriture brune ; Pourriture noire ; Swollen Shoot

Keywords: Phytopathogenic, cocoa, Biopesticides, Brown rot, Black rot, Swollen Shoot

1 RESUME

Dans le cadre d'une étude pour le développement d'un biocontrôle des phytopathogènes du cacao, un diagnostic du verger a été réalisé en effectuant une enquête dans 3 départements représentatifs des trois grandes zones productrices de cacao (Abengourou, Divo, Soubré). Un échantillon de 300 producteurs a été enquêté. L'objectif était de décrire la typologie des vergers de cacao et déterminer les différentes maladies virales et fongiques dans les plantations visitées. La majorité des producteurs de cacao ont plus de 20 ans d'expérience (43,66 %) dans le cacaoculture. Les plantations de 2-5 ha sont les plus représentatives (51 %). Dans les différents départements enquêtés, les cultivars Ghana sont les plus cultivées (100 %). Les fréquences de traitement phytosanitaire sont limitées en moyenne à deux applications de pesticides chimiques par an. Aucun planteur n'utilise des biopesticides dans le traitement des plantations. Des symptômes de maladies fongiques (pourriture brune, pourriture noire, anthracnose) et virales (Swollen Shoot) existent dans des plantations de cacao enquêté.

ABSTRACT

In the context of the studies carried out on the development of cocoa phytopathogens biocontrol, an investigation was done in three different areas (Abengourou, Divo, Soubre). Known for their importance in the cocoa production 300 producers were concerned by this investigation. The purpose of this investigation was first to describe the typology of cocoa farms visited and secondly to have an idea about cocoa farms diseases; viral and fungal diseases. Most of the farmers have more than 20 years of experiences (43.66 %) in cocoa farming. The farms of 2-5 ha are the most representative (51 %). In the areas where the investigation was carried out, Ghana cultivars were the most cultivated (100 %). Phytosanitary treatment frequencies are limited on average to two chemical pesticide applications per year. No planter uses biopesticides in plantation treatment. Symptoms of fungal diseases (brown rot, black rot, and anthracnose) and viral diseases (Swollen Shoot) exist in cocoa plantations surveyed.



2 INTRODUCTION

Le cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) a été introduit en Côte d'Ivoire vers la fin du 19^{ème} siècle, dans la région Est du pays (Kouakou *et al.*, 2013). Après des débuts difficiles, la cacao-culture a connu une expansion très rapide. La Côte d'Ivoire est le premier producteur mondial de cacao depuis 1978. En 2014-2015, sa production a été de 1 741 000 tonnes, soit près de 42 % de l'offre mondiale (ICCO, 2015). Le cacao représente un produit agricole stratégique pour la Côte d'Ivoire. En effet, il joue un rôle primordial dans la prospérité économique et sociale du pays. Au plan social, la cacao-culture occupe une population agricole de plus d'un million de planteurs et procure de nombreux emplois dans les secteurs secondaire et tertiaire (ICCO, 2015). Il est estimé qu'environ trois millions de personnes vivent des revenus du cacao. Au plan économique, le cacao procure environ 40 % des recettes d'exportations et contribue à plus de 15 % au Produit Intérieur Brut (PIB) (Dufumier, 2016). Cependant, les difficultés de régénération des vieux vergers de cacaoyers et l'évolution défavorable du climat rend certaines régions de plus en plus marginales pour la culture du cacaoyer (Kassin, 2009). A ces difficultés, s'ajoute la baisse de la fertilité des sols et le vieillissement des plantations ainsi que des producteurs eux-mêmes. La force de travail des producteurs a fortement diminué et leurs revenus sont réduits par la sénescence des cacaoyers dont la régénération exige cependant un nouvel investissement physique et financier important. Face à toutes ces difficultés, la plupart des producteurs abandonnent leurs vergers de cacaoyers ou les reconvertissent en plantations d'autres cultures pérennes, notamment l'hévéa et le palmier à huile (Assiri *et al.*, 2015 ; Dufumier, 2016). La durabilité de la culture et la production de cacao sont les plus menacées par de nombreuses maladies fongiques et virales (Assiri

et al., 2012). Dans les pays chauds et humides comme la Côte d'Ivoire, les conditions météorologiques et agronomiques sont favorables à la croissance des champignons et en conséquence à la détérioration de la qualité des aliments. La contamination par les moisissures est difficile à prévoir, car elle dépend d'une interaction complexe de facteurs tels que la température, l'humidité, les espèces fongiques endogènes (Chelack *et al.*, 1991; Kouakou *et al.*, 2013). Les politiques et les actions à entreprendre pour améliorer la cacao-culture doivent procéder, d'une part, de la connaissance précise des caractéristiques majeures du verger, des systèmes de production, et d'autre part de la maîtrise des contraintes endogènes de production. En Côte d'Ivoire, la pourriture brune des cabosses due à *Phytophthora* sp. constitue des bio-agresseurs du cacaoyer les plus importants au regard des dégâts causés qui sont estimés à près de 44% de pertes de récoltes (Kouakou *et al.*, 2012). Dans les zones les plus favorables à la maladie, les pertes peuvent atteindre 80 % de la récolte. Le swollen shoot du cacaoyer constitue l'une des maladies virales du cacao dont les conséquences économiques sont les plus importantes avec 30 à 40 % des pertes post-récoltes (Dzahini-Obiatey *et al.*, 2010 ; ICCO, 2015). La présente étude qui s'intéresse aux plantations cacaoyères des départements d'Abengourou, de Divo et Soubré ont été entreprise dans un souci de mieux (1) appréhender les caractéristiques des plantations dans ces différents départements, (2) réaliser une description des symptômes de maladies de cacao Ivoirien. En effet ces trois départements représentent les « boucles » successives de production de cacao Ivoiriennes dont le département d'Abengourou était l'ancienne boucle du cacao suivi du département de Divo et le département de Soubré qui en est la nouvelle boucle de cacao.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Zone d'étude : L'étude a été réalisée dans les cacaoyères Ivoiriennes. La zone de culture du cacaoyer est caractérisée par un climat subéquatorial avec des précipitations moyennes

variant entre 1200 et 1700 mm par an. Les températures moyennes annuelles varient de 24 à 32 °C (Kouame *et al.*, 2007). L'agriculture itinérante, la croissance démographique galopante

et l'urbanisation, l'exploitation forestière et la mise en place de cultures de rente à fortement dégrader la végétation naturelle qui était dense et humide (Aka *et al.*, 2013). L'étude a pris en compte les trois principales zones de culture (Abengourou, Divo et Soubré) (figure 1) qui correspondent aux « boucles » successives de production de cacao en Côte d'Ivoire. Le département d'Abengourou a une superficie avoisinant les 5200 km². Il est situé dans la partie sud-est de la Côte d'Ivoire entre les latitudes 5°45 et 7°10 Nord et les longitudes 3°10 et 3°50 Ouest. Il représente l'ancienne zone de culture du cacaoyer caractérisée par un verger sénescents. Le département de Divo (5°50'29.54 N et 5°21'45.19 O) qui située à 198 Km de la d'Abidjan. Il s'étend

sur une superficie de 9000 hectares de la zone du Centre-Ouest marquée par l'arrêt des extensions cacaoyères, le vieillissement du verger et la baisse de la fertilité des sols (Aka *et al.*, 2013 ; Yao *et al.*, 2014). La zone du Sud-Ouest correspondant au département de Soubré situé entre les latitudes 5°19 et 6°34 N et les longitudes 6°12 et 7°08 W. Dans ce département la cacao-culture s'est développée de manière vertigineuse sur fronts pionniers au cours des années 1970 et 1980 correspondant à la nouvelle boucle du cacao (Aka *et al.*, 2013). Les pluviométries oscillent entre 1600 mm et 1800 mm et durant, l'année les températures varient entre 26°C et 32°C (Yao *et al.*, 2014).

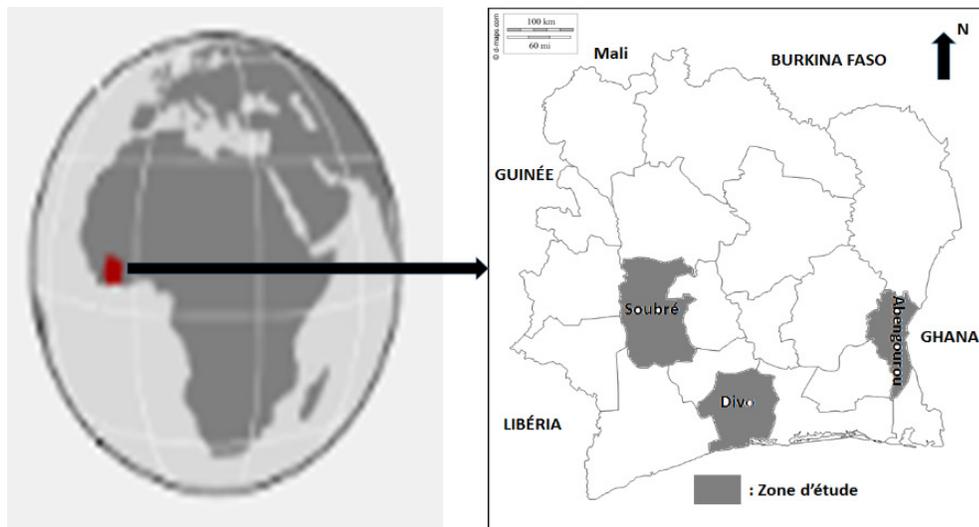


Figure 1 : Carte de la Côte d'Ivoire représentant les différentes zones d'étude

3.2 Période d'enquête : Les enquêtes se sont déroulées du 28 juillet au 04 Novembre 2016 dans les villages des départements d'Abengourou, Divo et Soubré. Dans le département d'Abengourou les villages enquêtés ont été Camp de Jeunesse, Assakro et Aynkro. Dans le département de Divo les villages de Menhéiri Céfi, de Menheiri Brevé et de Krakro ont été concernés pour cette étude. Concernant le département de Soubré, les villages de Loukoukro, de Tanoh Brahimankro et de Kra-N'guessankro ont été sollicités pour cette enquête. Au total, neuf villages issus des trois

départements ont été choisis et 300 planteurs ont été directement interrogés.

3.3 Réalisation de l'enquête : L'étude a porté sur les caractéristiques des plantations et des maladies du cacao rencontrées dans les vergers de cacaoyer des trois départements sélectionnés à l'aide d'un questionnaire déclaratif s'articulant autour de 4 axes : (1) caractéristiques des plantations de cacao et type de traitements effectués (pesticides chimiques, biopesticides) (2), différentes maladies rencontrées dans les plantations de cacao (3), actions entreprises par les producteurs avant et après observation de

maladie dans les plantations de cacao (4), facteurs influençant la présence des maladies dans les plantations de cacao et leurs conséquences ont été abordés pendant cette enquête. Durant cette étude, 100 producteurs de cacao ont été interrogés par département soit un total de 300 producteurs. Les producteurs ont été interviewés individuellement dans leurs plantations de cacaoyers afin de confirmer les informations fournies par des observations faites sur le terrain. Un traducteur a été sollicité en cas de nécessité pour faciliter la communication. Cette interview a été la principale méthode utilisée dans la collecte des données.

4 RÉSULTATS

4.1 Expériences culturelles : Notre étude montre que la majorité des producteurs ont plus de 20 ans d'expériences dans la culture du cacao (43,67 %) et sont statistiquement différents des

3.4 Données collectées et analysées : Les données collectées ont été codées, puis saisies sur EXCEL version 2013 pour Windows. Le dépouillement a été effectué en utilisant l'assistant « tableaux et graphiques dynamiques ». L'analyse de la variance (ANOVA) à un critère de classification a été effectuée pour comparer les différentes moyennes au seuil de probabilité de 5 %. En cas de différence significative ($p < 0,05$) entre les moyennes, le test de Tukey a été effectué pour déterminer les différentes classes d'homogénéité.

autres (figure 2). Une minorité de 4,67 % ont moins de 3 ans d'expériences dans ce domaine. Parmi ces expérimentés 39 % sont de nationalité Ivoirienne et 4,67 % de non nationaux.

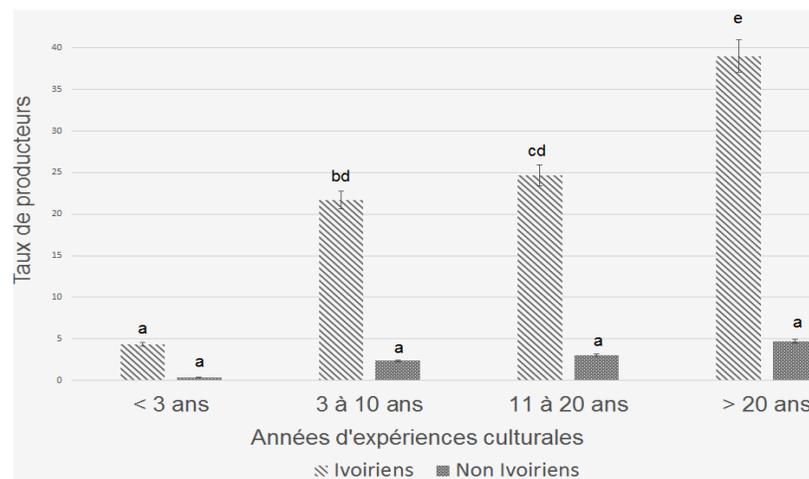


Figure 2 : Années d'expériences des producteurs de cacao

4.2 Caractéristique des plantations

4.2.1 Tailles des plantations : Les superficies des plantations enquêtées varient de moins de 1 ha à plus de 10 ha (figure 3). Les parcelles de 2 à 5 ha sont les plus représentatives (51%) suivies de

celles de 6 à 10 ha (28,67). Les tailles des parcelles cultivées sont plus nombreuses dans le département de Soubré (69 %) suivie du département de Divo avec 55 % et minorées par celles de moins de 1 ha (5 %) (Figure 4).

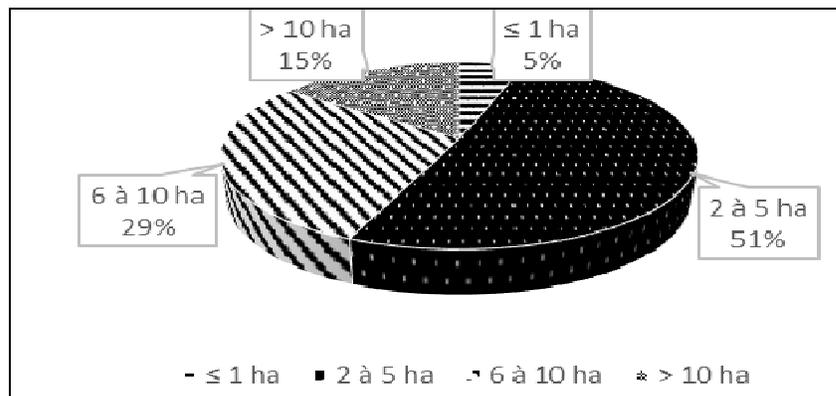


Figure 3 : Pourcentages des parcelles étudiées

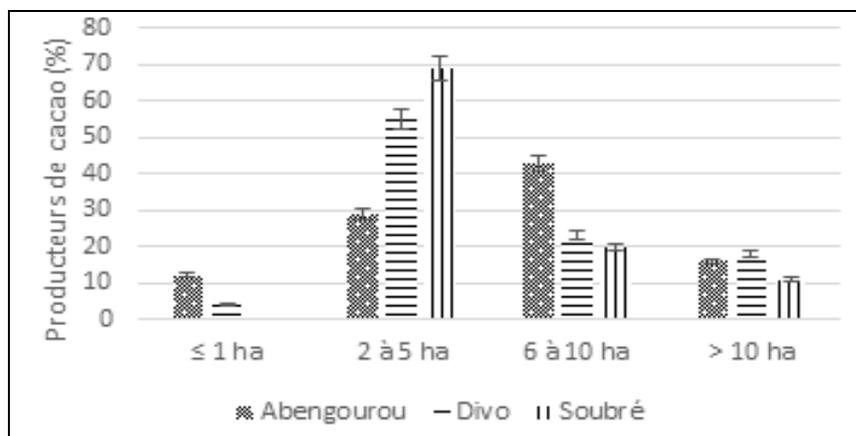


Figure 4 : Répartition des producteurs de cacao en fonction de la taille des plantations

4.2.2 Cultivars et techniques culturales utilisées : Tous les producteurs de cacao des départements enquêtés cultivent la variété Forastero. Dans les trois départements enquêtés le cultivar le cultivar Amelonado communément appelé cacao « Ghana » est utilisé par tous les producteurs de cacao (100 %) et 28,67 % d'entre eux cultivent le cultivar « Français ». Le cultivar « Mercedes » n'est cultivé que dans 7 % des cas étudiés. « Mercedes » est une variété améliorée qui a été développée par le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA). Le cultivar « Mercedes » est plus cultivée dans les départements de Soubré et Divo par respectivement 10 % et 9 % des producteurs enquêtés. Notre étude montre qu'en moyenne, 19,67 % des enquêtés utilisent des pépinières. 80,33 % des producteurs ne réalisent pas de pépinière avant la culture du cacao. Ils plantent directement les fèves de cacao dans le sol. Parmi

les producteurs qui réalisent des pépinières avant la culture de cacao seul 69,49 % traitent leurs pépinières. La majorité traite leurs pépinières 1 fois par mois pendant 6 à 8 mois (69,49 %) suivi de ceux de 2 fois par mois (30,51 %). Ce travail révèle que les producteurs de cacao n'effectuent aucun traitement avec des biopesticides mais plutôt avec des pesticides chimiques à base d'acétamipride et de cyperméthrine (insecticides). Avant la culture des pépinières les producteurs ne traitent pas les sols. Les cultures se réalisent entre avril et juin, mais elles peuvent toujours se poursuivre tant que la saison des pluies continue. Les producteurs enquêtés traitent les plantations de cacao avec des pesticides chimiques avant la récolte du cacao (93,67 %). La fréquence de traitement chimique des plantations varie de 2 fois l'année (34,16 %) à 4 fois l'année (12,11 %). Ils utilisent plus des insecticides dont le principe actif est constitué d'acétamipride et de

cyperméthrine que des fongicides à base de mancozeb et cymoxanil.

4.2.3 Types de symptômes de maladies du cacao rencontré dans les plantations : Cette étude montre que les symptômes de maladies fongiques sont plus élevés que ceux des symptômes de maladies virales (figure 5). Les symptômes de pourriture brune (100 %), de pourriture noire (100 %), de pourridié (100 %) et d'antracnose (90 %) sont les plus dominants des maladies fongiques. La présence de symptômes de jaunissement le long des nervures principales et secondaires de feuille adulte de cacaoyer, jaunissement entre les nervures de feuille adulte

de cacaoyer (mosaïque réticulée), réduction de cabosse affiliée aux Cocoa Shollen Shoot (CSSV) représente 14,33 % des maladies rencontrées dans les plantations enquêtés. Dans les plantations visitées certaines cabosses de cacao mature présentait de petite bosse sur leurs surfaces. D'autres cabosses sèchent ou pourrissent avant la maturité de ces dernières. Certaines cabosses bien vrai qu'elles sont apparemment saines présentent des fèves de cacao endommagé. Des cacaoyers étaient à moitié ou entièrement desséchés. D'autres cacaoyers présentaient le chancre.

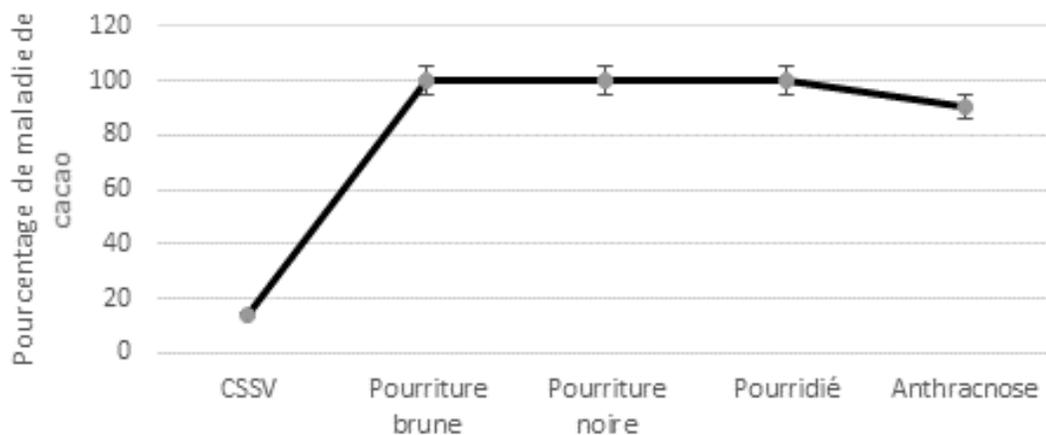


Figure 5 : Fréquences des symptômes de maladies de cacao

4.3 Causes probables de maladies de cacao : Les producteurs ont donné plusieurs causes possibles qui influenceraient la présence des maladies dans les plantations de cacao. A l'unanimité, ces producteurs estiment que les ravageurs (insectes, les animaux), les pluies abondantes, le type de cultivar surtout le cultivar « Ghana » et les mauvaises herbes (*Loranthus plant*) sont les principaux facteurs de présence de maladie fongiques et virales dans les plantations. Très peu évoquent l'hypothèse de l'absence de traitement des plantations de cacao (29,67 %). Tous les producteurs estiment que le vieillissement des plantations n'aurait pas d'incidence directe sur la présence de maladie de cacao dans les plantations.

4.4 Actions des planteurs de cacao : Les producteurs de cacao en Côte d'Ivoire d'Ivoirien présence de maladie, détruisent souvent les cabosses atteintes de maladie (44,33 %). Les producteurs ne consultent jamais un spécialiste en cas d'observation de maladies de cacao. Dans les plantations enquêtées en présence de maladies fongiques ou virales les producteurs ne font ni de traitements chimiques ni biologiques. Les cacaoyers présentant des maladies fongiques ne sont pas détruits par les producteurs. Cependant des plantations atteintes de maladies virales (swollen shoot) sont détruites et replanter sur proposition des agents de l'Agence Nationale d'Appui au Développement rural (ANADER).



5 DISCUSSION

La taille des plantations de cacao dans les départements enquêtés sont majorées par les plantations de 2-5 ha (51%) dont le département de Soubré en compte 69 % suivie du département Divo avec 55 %. Ces résultats montrent que la culture de cacao est toujours l'affaire des «petits planteurs» (ICCO, 2015). Cette faible proportion des surfaces cultivables serait sans doute liée à la non mécanisation de l'agriculture ivoirienne. Cependant, selon Aguilar *et al.* (2003) cette faible proportion serait aussi liée à des abandons et de la reconversion de certaines vieilles cacaoyères en plantations d'autres cultures pérennes (palmier à huile, hévéa) face aux difficultés de replantation (Ruf et Allangba, 2001 ; Kassin, 2009). La faible taille des vergers pourrait également s'expliquer par le ralentissement, voire l'arrêt de la dynamique d'extension cacaoyère face à l'épuisement des réserves forestières du pays (Ruf et Allangba, 2001 ; Aka *et al.*, 2013). Les surfaces cultivées au Madagascar sont plus faible (0,3 ha en moyenne) qu'en Côte d'Ivoire (Bé, 2003 ; Toure *et al.*, 2009). Tous les producteurs des départements enquêtés cultivent le cultivar « Ghana » (100%). En plus du cultivar cacao « Ghana », 28,67 % de ces producteurs cultivent le cultivar « Français ». Très peu d'entre eux cultivent le cultivar « Mercedes » (7 %). Ce dernier est plus cultivé dans les départements de Soubré et Divo avec respectivement 10 % et 9 %. Le cultivar « Ghana » est beaucoup cultivé car il a été introduit beaucoup plutôt en Côte d'Ivoire (CNRA, 2012). Le cultivar « Mercedes » est très peu cultivé peut-être à cause du fait qu'il n'est pas bien connue pas le monde paysan et il n'y a pas de centre de relais du CNRA dans toutes les zones de production pour mieux vulgariser ce produit. Les départements de Soubré et Divo disposant des centres de recherches du CNRA qui aurait vulgarisé le cultivar « Mercedes » ce qui pourrait expliquer la petite hausse d'utilisation par rapport au département d'Abengourou. Les planteurs utilisent plus la variété « Ghana » déjà à accès facile contrairement aux plants de la variété « Mercedes » selon les populations enquêtées. De plus au cours de l'enquête la plupart des planteurs ont estimé que le cultivar « Ghana » bien vrai qu'il

est plus vulnérable, il produit plus que le cultivar « Français » qui résiste mieux aux maladies du cacao, mais il est moins productif. La fréquence de traitement des plantations conseillée est de 4 fois l'année (CNRA, 2012). Cependant, La faible proportion de traitement des plantations des zones enquêtées a été justifiée par les producteurs enquêtés par un manque de financement. La domination des plantations par les symptômes de maladies fongiques dont la pourriture brune (100 %), la pourriture noire (100 %), le pourridié (100 %) suivi de l'anthracnose (90 %) contrairement aux CSSV (14,33 %) pourrait s'expliquer par le fait que les plantations étaient traitées avec plus d'insecticides que de fongicides. Or les insectes sont vecteurs de transmission du CSSV par conséquent une forte utilisation de ces insecticides auraient éliminé ses insectes vecteurs de transmission. La faible utilisation de fongicide pourrait accentuer la dissémination des moisissures responsables des maladies fongiques du cacao dans ces localités enquêtées. Dans toutes les plantations quelque soit la taille de la plantation, le mode de culture, l'année d'expérience du producteurs il a été observé les mêmes symptômes de maladies fongiques ce qui montrerait le caractère imprévisible et la complexité de ces maladies du cacao (Chelack *et al.*, 1991 ; CNRA, 2012). La présence des bosses sur les cabosses laisse penser à des symptômes provoquée par *Moniliophthora roreri* responsable de la moniliose (End 2014 ; ICCO, 2015). La présence de pourriture brune, noir et le chancre peut être due à *Phytophthora* sp. et/ou *Lasiodiplodia* sp. (Fujinawa *et al.*, 2012 ; Coulibaly *et al.*, 2013). Le dessèchement des cacaoyers pourrait être provoqué par des souches de *Phytophthora* sp., *Lasiodiplodia* sp. ou CSSV. Dans les départements de Soubré et Divo, les études de Kouakou *et al.* (2012) avaient identifié des espèces virales responsables du swollen shoot. L'absence de traitement des sols avant semis et le faible taux de traitement des plantations pourrait être à la base de l'incidence des maladies. Aussi, l'abondance des saisons pluvieuses serait un autre facteur de l'influence des maladies du cacaoyer. En effet, les sols contenant des moisissures



pourraient infecter les plantes à partir des racines (Khlij et Hajlaoui, 2010). Pendant une forte pluie les spores fongiques peuvent se retrouver sur les cabosses à proximité du sol et par la suite contaminer les autres. La faible proportion des maladies virales dues au Cocoa Swollen Shoot

Virus (14,33 %) serait due à une utilisation intensive d'insecticides par les producteurs. Ce qui aurait eu une incidence sur les insectes vecteurs de transmission du swollen shoot.

6. CONCLUSION

Les études réalisées dans le département d'Abengourou, Divo et Soubré ont permis une caractérisation des plantations et des symptômes de maladies de cacao rencontrées en Côte d'Ivoire. Cette étude montre que les producteurs de cacao sont beaucoup expérimentés dans ledit

domaine. Cependant les surfaces cultivées sont de petites tailles à l'échelle familiale. Les plantations sont dominées par les symptômes de maladies fongiques (Pourriture brune et Pourriture noire) et très peu de symptômes de maladies virales (CSSV).

7 REMERCIEMENT

Les auteurs renouvellent leurs remerciements aux producteurs des différents départements étudiés particulièrement à M. ADOU Modeste (Soubré), M. KOUASSI Sialou Bernard (Soubré), M. YAPI

Monet Felix (Divo), M. ABOYA (Abengourou) pour leur collaboration au cours de l'enquête sur le terrain ainsi que Dr. Raphael N'DOUA pour son aide lors de l'élaboration de ce document.

8 REFERENCE

- Aguilar P, Paulin D, Keho Y, N'kamleu G, Raillard, A, Deheuvels O, Petithuguenin P, Gockowski, J. (2003). L'évolution des vergers de cacaoyers en Côte d'Ivoire entre 1995 et 2002. In : Actes de la 14^{ème} conférences internationales sur la recherche cacaoyère. 18-23 octobre 2003. Accra, Ghana, p.1167-1175.
- Aka N, Bamba SB, Soro G, Soro N (2013). Étude hydrochimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropicale humide : Cas du département d'Abengourou (Sud-est de la Côte d'Ivoire). *Larhyss Journal* 16:31-52.
- Assiri AA, Kacou EA, Assi FA, Ekra S, Dji KF, Couloud JY, Yapo AR (2012). Rentabilité économique des techniques de réhabilitation et de replantation des vieux vergers de cacaoyers (*Theobroma cacao L.*) en Côte d'Ivoire. *J. Anim. Plant Sci.* 14 (2):939-1951.
- Assiri AA, Konan A, N'guessan KF, Kebe BI, Kassin KE, Couloud JY, Yoro GR, Yao-Kouame A (2015). Comparaison de deux techniques de replantation cacaoyère sur antécédents non-forestiers en Côte d'Ivoire. *J. Anim. Plant Sci.* 23(4):365-378.
- Bé F. 2003. Analyse de la production de la filière banane, faits et perspectives, cas de la province de Tananarive. Mémoire de maîtrise en sciences économiques, Faculté de Tamatave. Madagascar. 55 p.
- Chelack WS, Borsa J, Marquardt R, Frohlich AA (1991). Role of the competitive microbial flora in the radiation-induced enhancement of ochratoxin production by *Aspergillus alutaceus* var. *alutaceus* NRRL3174. *Appl. Environ. Microbiol.* 57: 2492-2496.
- CNRA (2012). Les programmes de recherches 2014-2015. ISBN 978-2-917074-09-1, 38 p.
- Coulibaly K, Kebe IB, Koffi NK, Mpika J, Kone D (2013). Caractérisation des isolats de *Phytophthora* spp du verger cacaoyers de Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 70:5567-5579.
- Dufumier M (2016). L'adaptation de la cacao-culture ivoirienne au dérèglement climatique : L'agroécologie pourrait-elle



- être une solution ? Plate-Forme pour le Commerce Equitable. 16 p.
- Dzahini-Obiatey H, Domfeh O, Amoah FM (2010). Review : Over seventy years of a viral disease of cocoa in Ghana: From researchers' perspective. Afr. J. Agric. Res. 5 (7): 476-485.
- End MJ, Daymond AJ, Hadley P (2014). Guide technique pour les transferts sécurisés de matériel génétique de cacaoyer. Révision des Directives techniques FAO/IPGRI No. 20. Global Cacao Genetic Resources Network (CacaoNet), Bioversity International, Montpellier, France. 90 p.
- Fujinawa F. M., Nadson D. C. P., Carmo E. S. D. S., Antonio D. G., Helson M. M. D. V. (2012). First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing stem rot disease of begonia (*Begonia x elatior hort.*) in Brazil. Australas. Plant Pathol. 7:163–166.
- ICCO (2015). What are the effects of intensive commercial production of cocoa on the environment ? Westgate House W5 1YY, United Kingdom. Rapport Annuel ICCO. 25p.
- Kassin KE (2009). Études des conditions pédoclimatiques pour la replantation cacaoyère au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire : cas des départements de Divo et Gagnoa. Thèse de Doctorat unique de l'UFR STRM, Université de Cocody - Abidjan, Côte d'Ivoire. 112p.
- Khlij A, Hajlaoui MR (2010). Identification des espèces de *phytophthora* responsables de la pourriture racinaire dans les vergers d'agrumes tunisiens et évaluation de leur densité d'inoculum. Annales de l'INRAT 83:142-153.
- Kouakou BJ, Irie BZ, Dick E, Nemlin G, Bomisso LE (2013). Caractérisation des techniques de séchage du cacao dans les principales zones de production en Côte d'Ivoire et détermination de leur influence sur la qualité des fèves commercialisées. J. Appl. Biosci. 64:4797-4812.
- Kouakou K, Kébé BI, Kouassi N, Aké S, Cilas C, Muller E (2012). Geographical distribution of Cacao swollen shoot virus molecular variability in Côte d'Ivoire. Plant Dis. 96: 1445-1450.
- Kouamé B, Koné D, Yoro G (2007). La pluviométrie en 2005 et 2007 dans la moitié sud de la Côte d'Ivoire. In : Le CNRA en 2006. Centre National de Recherche agronomique, Abidjan, Côte d'Ivoire, p.12-13.
- Ruf F, Allangba K (2001). Décisions de plantation et replantation cacaoyères. Le cas des migrants Baoulés à Oumé (Côte d'Ivoire). In : R.Y Assamoi, K. Burger, D Nicolas, F. Ruf et P. de Vernou, eds. L'avenir des cultures pérennes. 5–9 novembre 2001. Yamoussoukro (Côte d'Ivoire) : BNETD & CIRAD. 36p.
- Traore S, Kobenan K, Kouassi KS, Gnonhourig (2009). Systèmes de culture du bananier plantain et méthodes de lutte contre les parasites et ravageurs en milieu paysan en Côte d'Ivoire. J. Appl. Biosci. 19:1094-1101.
- Yao KT, Oga M, Kouadio KE, Fouché O, Ferriere G, Pernelle C (2014). Rôle hydrogéologique des linéaments structuraux en milieu cristallin et cristallophyllien : cas du bassin versant du Sassandra, Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire. Afrique Science 10 (4): 78-92.



Caractérisation vergers et des maladies de cacao de la Côte d'Ivoire : cas des départements d'Abengourou, Divo et Soubré

KOUA Saman Hervé^{1,2*}, COULIBALY N'golo Antoine Marie-David², ALLOUE-BORAUW Wazé Aimée Mireille¹

1Département de Sciences et Technologies des Aliments, Laboratoire de Biotechnologie et Microbiologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, 02 bp 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

2Plate-forme de Biologie Moléculaire, Institut Pasteur, Côte d'Ivoire.

Auteur correspondant : saman.koua@aiesec.net

Mots clé : Phytopathogènes du cacao ; Biopesticides ; Pourriture brune ; Pourriture noire ; Swollen Shoot

Keywords: Phytopathogenic, cocoa, Biopesticides, Brown rot, Black rot, Swollen Shoot

1 RESUME

Dans le cadre d'une étude pour le développement d'un biocontrôle des phytopathogènes du cacao, un diagnostic du verger a été réalisé en effectuant une enquête dans 3 départements représentatifs des trois grandes zones productrices de cacao (Abengourou, Divo, Soubré). Un échantillon de 300 producteurs a été enquêté. L'objectif était de décrire la typologie des vergers de cacao et déterminer les différentes maladies virales et fongiques dans les plantations visitées. La majorité des producteurs de cacao ont plus de 20 ans d'expérience (43,66 %) dans le cacaoculture. Les plantations de 2-5 ha sont les plus représentatives (51 %). Dans les différents départements enquêtés, les cultivars Ghana sont les plus cultivées (100 %). Les fréquences de traitement phytosanitaire sont limitées en moyenne à deux applications de pesticides chimiques par an. Aucun planteur n'utilise des biopesticides dans le traitement des plantations. Des symptômes de maladies fongiques (pourriture brune, pourriture noire, anthracnose) et virales (Swollen Shoot) existent dans des plantations de cacao enquêté.

ABSTRACT

In the context of the studies carried out on the development of cocoa phytopathogens biocontrol, an investigation was done in three different areas (Abengourou, Divo, Soubre). Known for their importance in the cocoa production 300 producers were concerned by this investigation. The purpose of this investigation was first to describe the typology of cocoa farms visited and secondly to have an idea about cocoa farms diseases; viral and fungal diseases. Most of the farmers have more than 20 years of experiences (43.66 %) in cocoa farming. The farms of 2-5 ha are the most representative (51 %). In the areas where the investigation was carried out, Ghana cultivars were the most cultivated (100 %). Phytosanitary treatment frequencies are limited on average to two chemical pesticide applications per year. No planter uses biopesticides in plantation treatment. Symptoms of fungal diseases (brown rot, black rot, and anthracnose) and viral diseases (Swollen Shoot) exist in cocoa plantations surveyed.





Écologie et diversité des bois sacrés et des savanes environnantes du secteur sud-soudanien du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)

¹Salfo SAVADOGO, ²Oumarou SAMBARE, ³Adjima THIOMBIANO

¹*Département Substances Naturelles (DSN), Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso*

²*Institut Des Sciences (IDS), 01 BP 1757 Ouagadougou 01 Burkina Faso*

³*Laboratoire de Biologie et Écologie Végétales (LaBEV), Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Université Ouaga I Pr. Joseph Ki Zerbo (UO I Pr. JKZ), 09 BP 848 Ouagadougou 09 Burkina Faso*

*Auteur correspondant : Salfo SAVADOGO : (226) 78148774/ (226) 76091008 ; Email :

salfosava@yahoo.fr / salfosava@gmail.com

Mots clés : Bois sacrés, Relevés botaniques, groupements végétaux, diversité biologique, Burkina Faso

Keywords: Sacred woodlands, botanical surveys, plant communities, biological diversity, Burkina Faso

1 RÉSUMÉ

Ce travail a été réalisé dans le but de montrer l'importance des bois sacrés dans la conservation de la biodiversité et des communautés végétales. L'étude s'est basée sur des enquêtes ethnobotaniques et des relevés phytosociologiques dans les bois sacrés et dans les savanes environnantes. Les enquêtes ont permis de répertorier les bois sacrés, de les localiser et de solliciter l'accord des autorités coutumières pour leurs inventaires botaniques. Au total, 142 relevés phytosociologiques ont été réalisés dans les bois sacrés et dans les savanes environnantes. Des analyses multivariées à l'aide des logiciels CAP, PC-ORD (IndVal) et CANOCO (DCA), ont permis de discriminer neuf (09) groupements végétaux en fonction des paramètres topo édaphiques, dont 7 dans les bois sacrés et deux (02) dans les savanes environnantes. Les analyses floristiques montrent que les groupements décrits dans les bois sacrés sont floristiquement plus riches et plus diversifiés que ceux décrits dans les savanes environnantes. Les paramètres physiologiques et floristiques des groupements des bois sacrés sont significativement différents de ceux des groupements végétaux des savanes environnantes. Cela montre que les bois sacrés présentent l'avantage de conserver les communautés végétales mieux que les savanes environnantes ; d'où la nécessité de les aménager pour une bonne stabilité de nos communautés végétales. Dans le secteur sud soudanien, les groupements sont dominés par des phanérophytes. Sur le plan chronologique, les espèces soudaniennes abondent dans la plupart des groupements végétaux. Les proportions élevées des espèces soudaniennes et soudano-zambéziennes dans certains groupements, témoignent de la stabilité des milieux dans lesquels ont été décrits ces groupements, ce qui leur confère l'avantage de conserver la biodiversité originelle.



Ecology and diversity of sacred woodlands and surrounding savannas in south sudanian sector of Burkina Faso (West Africa)

ABSTRACT

This work was carried out in order to show the importance of sacred woodlands in the conservation of biodiversity and plant communities. The study was based on ethnobotanical investigation and phytosociological surveys in sacred woodlands and surrounding savannas. The investigation allowed to repertory and to localize sacred woodlands and to seek the agreement of the customary authorities for their botanical surveys. A total of 142 phytosociological surveys were carried out in sacred woodlands and surrounding savannas. Multivariate analyzes using CAP, PC-ORD (IndVal) and CANOCO (DCA) softwares allowed to discriminate 9 plant communities according to the topo edaphic parameters, of which 7 in the sacred woodlands and two (02) in surrounding savannas. The floristic analyzes show that the plant communities described in the sacred woodlands are floristically richer than those described in surrounding savannas. Thus, the physiognomic and floristic parameters of plant communities of sacred woodlands are significantly different from those of the plant communities of surrounding savannas. This shows that sacred woodlands have the advantage to conserve better plant communities than surrounding savannas; hence the need to develop them for a good stability of our plant communities. In the southern Sudanian sector, the plant communities are dominated by phanerophytes. On the chorological level, Sudanese species abound in most plant communities. The high proportions of Sudanian and Sudano-Zambeziian species in some groups indicate the stability of the environments in which these groups have been described, which gives them the advantage of conserving the original biodiversity.

2 INTRODUCTION

Les bois sacrés sont des îlots de végétation traditionnellement protégés par les autorités coutumières à des fins culturelles. Selon Garcia *et al.* (2006), ce sont des fragments forestiers associés à un esprit, une divinité ou un temple et considérés comme des écosystèmes préservés en raison des croyances et pratiques qui y sont associées. De nombreux auteurs ont ainsi montré l'importance de ces aires protégées dans la conservation des ressources naturelles à cause de l'implication des autorités coutumières dans l'usage de leur ressource naturelle (Sokpon *et al.*, 1998; Sokpon et Agbo, 1999; Sow, 2003; Swami *et al.*, 2003; Ouinsavi *et al.*, 2004; Berkes et Davidson, 2006; Kokou et Kokutse, 2007; Savadogo, 2008; Savadogo *et al.*, 2010; Fournier, 2011) et la crainte suscitée par les êtres surnaturels qu'ils abriteraient. Les forêts sacrées recèlent une quantité importante d'espèces végétales et animales dont l'intérêt pour l'humanité et plus généralement pour l'écosystème entier est manifeste (Hounto *et al.*,

2016). Le secteur sud soudanien du Burkina Faso est caractérisé non seulement par la prédominance des forêts sacrées mais aussi par la vivacité de la religion traditionnelle favorable au maintien et à la conservation des sites sacrés (Savadogo, 2013; Savadogo *et al.*, 2017). Pourtant, très peu d'études phytosociologiques détaillées ont été faites sur les bois sacrés de cette région. Les études existantes à ce jours au Burkina Faso se sont limitées à des régions précises telles que le centre, l'est et le nord du pays (Ouadba, 2003; Thiombiano, 2005; Savadogo, 2008; Savadogo *et al.*, 2010). Les bois sacrés, qui sont des formations denses, gérées et protégées traditionnellement par la population locale à des fins culturelles, ne pouvaient rester méconnus quant au mode de regroupement des espèces en leur sein. La caractérisation des écosystèmes et des communautés d'espèces inféodées aux aires protégées est fondamentale pour évaluer l'importance de chaque aire protégée dans le maintien et la pérennisation de la biodiversité



(Ouédraogo, 2009). En effet, selon Kent et Coker (2003), les données sur la végétation sont d'une grande utilité dans la résolution des problèmes écologiques, notamment comme une base de prédiction des futurs changements possibles. Cette opinion est soutenue par Mbaygone (2008) pour qui les caractéristiques floristiques globales ainsi que l'organisation des phytocénoses sont des éléments indicateurs de stabilité ou de dégradation d'un milieu pouvant servir comme instrument d'alerte ou de prise de décision pour les gestionnaires des écosystèmes. Ainsi, Thiombiano (2005) précise que la protection des ressources contre les différents facteurs de dégradation n'est possible que si chacune des nations dispose d'une bonne connaissance tant de la diversité floristique que des écosystèmes qu'elle reflète. C'est pourquoi Vogiatzakis *et al.* (2006)

3 METHODOLOGIE

3.1. Milieu d'étude : Les données floristiques ont été collectées dans les bois sacrés et dans les savanes environnantes du secteur sud soudanien du Burkina Faso. Ce secteur est situé en dessous des latitudes 11°30 N jusqu'aux frontières sud du pays (Figure 1) avec des précipitations annuelles pouvant excéder 1000 mm (Fontès et Guinko, 1995). La figure 1 donne la distribution des bois sacrés de ce secteur.

3.2 Échantillonnage et collecte de données : La prospection, les enquêtes et les inventaires ont été faits simultanément. Les enquêtes ont pour objectif de recenser les bois sacrés du secteur et de solliciter l'accord des autorités coutumières afin de réaliser les inventaires floristiques. Des relevés phytosociologiques ont été effectués selon la méthode de Braun-Blanquet (1932), sur des sites, choisis sur la base de l'état d'homogénéité

estiment que l'une des contraintes majeures pour la conservation biologique est la limite de connaissance sur la distribution des espèces et des communautés végétales. L'étude est fondée sur deux (02) hypothèses à savoir: (i) les croyances religieuses ancestrales influencent positivement la conservation des communautés végétales; (ii) les bois sacrés regorgent plus de groupements végétaux que les terroirs.

Cette étude a pour objectif:

- d'identifier et de décrire les groupements végétaux dans les bois sacrés et dans les écosystèmes environnants;
- d'apprécier la diversité floristique de ces groupements végétaux;
- de comparer les groupements des bois sacrés à ceux des écosystèmes environnants.

floristique et physiognomique des faciès de chaque formation, dans les bois sacrés et dans les terroirs. Sur chaque site, deux ou trois placeaux, de 1000 m² (50 m x 20 m) pour la strate ligneuse et de 100 m² (10 m x 10 m) pour la strate herbacée, sont installés suivant la variation de la microtopographie (car la taille des bois sacrés est assez réduite), du sol et surtout de l'homogénéité et de la représentativité floristique. L'échantillonnage adopté est de type stratifié aléatoire. L'échelle d'abondance dominance utilisée est celle de Braun-Blanquet (1932). Pour l'identification des espèces, certains ouvrages ont été utilisés (Berhaut, 1976 et 1988; Le Bourgeois et Henri, 1995 ; Arbonier, 2000). D'autres échantillons ont été déterminés et vérifiés par des spécialistes et aussi par comparaison aux spécimens de l'herbier de l'Université Ouaga I Pr Joseph Ki-Zerbo.

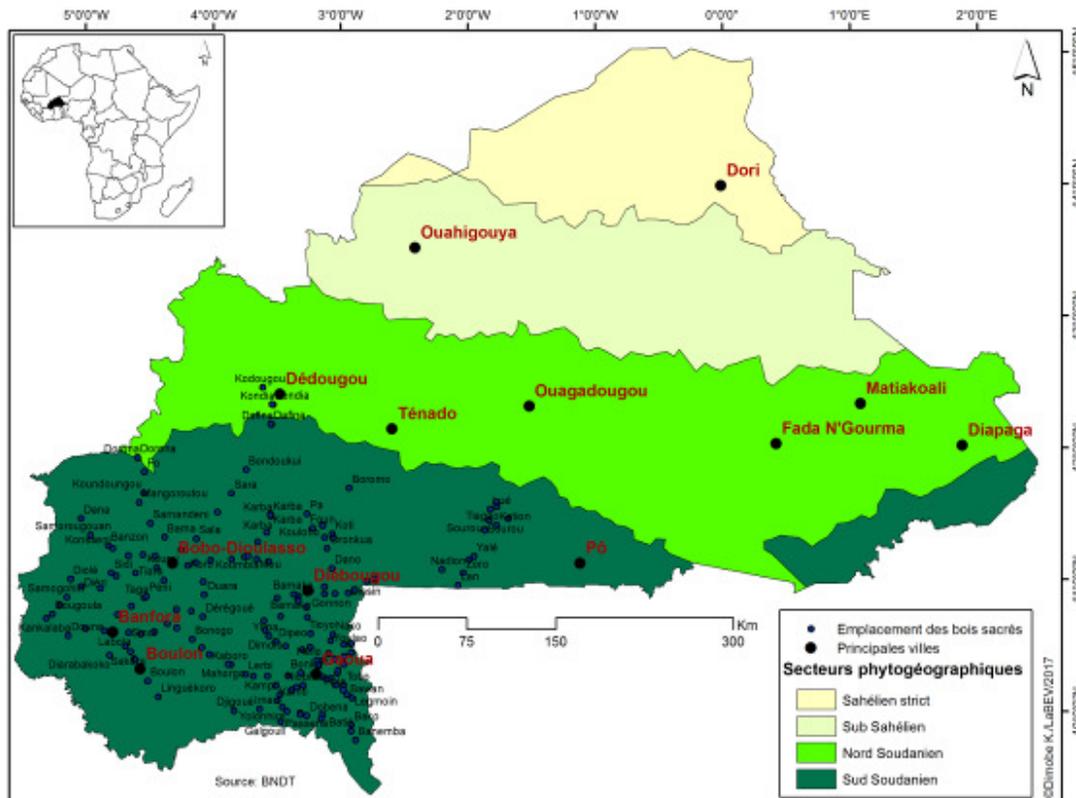


Figure 1 : Carte de localisation des bois sacrés

3.3 Traitement des données

3.3.1 Analyses floristiques: Les types biologiques et l'affinité phytogéographique de chaque groupement sont illustrés à l'aide des spectres bruts et pondérés. Les types biologiques (TB) utilisés sont ceux aménagés pour l'étude des formations végétales tropicales par divers auteurs (Sinsin, 1993; Sinsin et Oumorou, 2000; Aké Assi, 2001 et 2002). Les types de distribution phytogéographiques ont été établis suivant les grandes subdivisions chorologiques établies pour l'Afrique (White, 1986). Des spectres bruts et pondérés ont été utilisés pour mettre en évidence l'abondance de chaque type phytogéographique. Le spectre pondéré est le rapport en pourcentage entre le recouvrement cumulé des espèces d'un type biologique ou phytogéographique et les espèces de tous les types phytogéographiques (Sinsin et Oumorou, 2000).

3.3.2 Discrimination des groupements végétaux : La technique de la DCA «Detrended Correspondence Analysis» a été utilisée pour le

traitement des données. La DCA disponible dans CANOCO est une forme améliorée de l'Analyse Factorielle des correspondances (AFC), méthode qui permet une ordination dans un espace réduit du nuage constitué par les r relevés (objets) et de celui des n espèces (variables). Elle autorise ainsi une compréhension plus facile des différentes structures (groupes de relevés, groupes d'espèces), grâce à l'examen des projections des nuages relevés et espèces dans les différents plans factoriels.

3.3.3 Recherche d'espèces caractéristiques de groupements : La méthode de *Indicator Species Analysis* a été utilisée pour l'identification des espèces caractéristiques de groupement. Cette méthode, développée par Dufrene et Legendre (1997), disponible dans PC-ORD version 4.10, assigne dans les groupes de relevés identifiés, une valeur indicatrice à chaque espèce. Dans des études phytosociologiques récentes, la recherche d'espèces caractéristiques par la méthode IndVal (Indicator Value) a été adoptée et appréciée par certains auteurs (Ouédraogo, 2006; Ouédraogo,

2009) du fait qu'elle présente l'avantage de combiner à la fois la fréquence et l'abondance dans l'évaluation du caractère indicateur des espèces, c'est-à-dire le degré de liaison de ces espèces aux différents groupes floristiques. Les groupements végétaux de chaque secteur phytogéographique ont été ainsi soumis à «Indicator Species Analysis» pour déterminer leur caractéristique floristique. Pour ce faire, une matrice brute de relevés X espèces est rangée en groupe pour permettre l'analyse par le logiciel. La valeur indicatrice (IndVal) est calculée par la formule:

$$\text{IndVal } ij) = \text{Frij} * \text{Arij}$$

(IndVal ij = Valeur indicatrice en % de l'espèce i dans le groupe de relevé j)

Frij (%) = fréquence de l'espèce i dans le groupe de relevé j

Arij (%) = abondance relative de l'espèce i dans le groupe de relevé j exprimant le rapport entre l'abondance de l'espèce i dans le groupe j par rapport à la somme des abondances de l'espèce i dans tous les groupes de relevé. L'abondance est assimilable au taux de recouvrement lorsque l'ensemble des individus d'une espèce n'est pas connu. Le test de Mont Carlo a été utilisé au seuil de 5% pour juger le degré de significativité du caractère indicateur de chaque espèce dans le groupe de relevé auquel elle appartient. Ainsi, toutes les espèces ayant une probabilité (p) inférieure à 0,05 ont été retenues comme espèces caractéristiques de groupement. Les groupements végétaux ont été nommés par l'espèce caractéristique la plus dominante de chacune des strates (ligneuse et herbacée). La similarité floristique entre groupements a été calculée à partir de l'indice de Sorensen disponible dans le logiciel CAP.

3.3.4 Diversité spécifique: Trois paramètres quantitatifs sont utilisés pour caractériser les

4 RESULTATS

4.1 Partition et discrimination des groupements végétaux : L'analyse par ordination de la matrice de 142 relevés et 350 espèces donne le résumé statistique (valeurs propres et longueur des gradients) consigné dans

groupements végétaux: la richesse spécifique, l'indice de diversité de Shannon et Weaver (1949) et de l'équitabilité de Piélu (1996). La diversité spécifique est définie par le nombre total d'espèces et d'individus (abondance) dans un groupement donné. Elle peut être aussi évaluée par l'indice de Shannon (Kent and Cooker, 2003) selon la formule:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{ni}{N} \log_2 \frac{ni}{N}$$

H' = Indice de Shannon, ni = recouvrement moyen de l'espèce i dans le groupement; N = somme de tous les recouvrements de toutes les espèces constitutives du groupement; \log = logarithme népérien, S = nombre total d'espèces constitutives du groupement.

La valeur de la diversité de Shannon varie de 0 à $\log S$. H' tend vers 0 lorsque le groupement est moins diversifié (renferme très peu d'espèces); H' est maximum quand le nombre d'espèces est élevé. Le mode de répartition des espèces au sein des groupements a été calculé à l'aide de l'équitabilité de Piélu (1996) selon la formule:

$$EQ = \frac{H'}{\log 2S}$$

EQ = équitabilité de Piélu, H' = Indice de Shannon, S = nombre total d'espèces constitutives du groupement, $\log 2S$ = diversité spécifique maximale de Shannon. L'équitabilité de Piélu est le rapport de la diversité d'un peuplement ou d'un échantillon à sa diversité maximale. Elle exprime la régularité ou l'équitable répartition des individus au sein des espèces. Elle est comprise entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce, et vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance.

le tableau 1. Les relevés sont regroupés selon leur ressemblance floristique. Leur distribution dans le plan factoriel a permis la discrimination de 9 groupements végétaux dont 7 (*Maranthès polyandra* et *Dibeteropogon amplexens*, *Daniellia oliveri* et

Schizachyrium sanguineum, *Entada africana* et *Tephrosia pedicellata*, *Burkea africana* et *Andropogon ascinodis*, *Anogeissus leiocarpa* et *Pennisetum pedicellatum*, *Monotes kerstingii* et *Loudetia arundinacea*, *Isoberlinia doka* et *Andropogon tectorum*) pour les bois sacrés et 2 pour les formations végétales adjacentes (*Terminalia macroptera* et *Hyptis suaveolens*, *Berlinia grandiflora* et *Desmodium velutinum*) (Figure 2). L'axe 1 traduit le degré d'anthropisation des sites car il établit une bonne

différence floristique entre les deux blocs de groupes qui y sont bien échelonnés. Les relevés des bois sacrés présentent des ressemblances floristiques du fait que les bois sacrés sont peu anthropisés par rapport aux formations végétales environnantes. L'axe 2 correspond au gradient topo-édaphique. Cet axe établit une différence floristique entre les groupes de relevés effectués dans différentes stations.

Tableau 1: Résumé statistique de l'ordination des relevés floristiques

Axe	1	2	3	4	Inertie total
Valeurs propre	0,672	0,376	0,292	0,267	11,177
Longueur des axes	4,842	3,338	3,300	4,037	
Pourcentage cumulé de la variance expliquée	6,0	9,4	12,0	14,4	

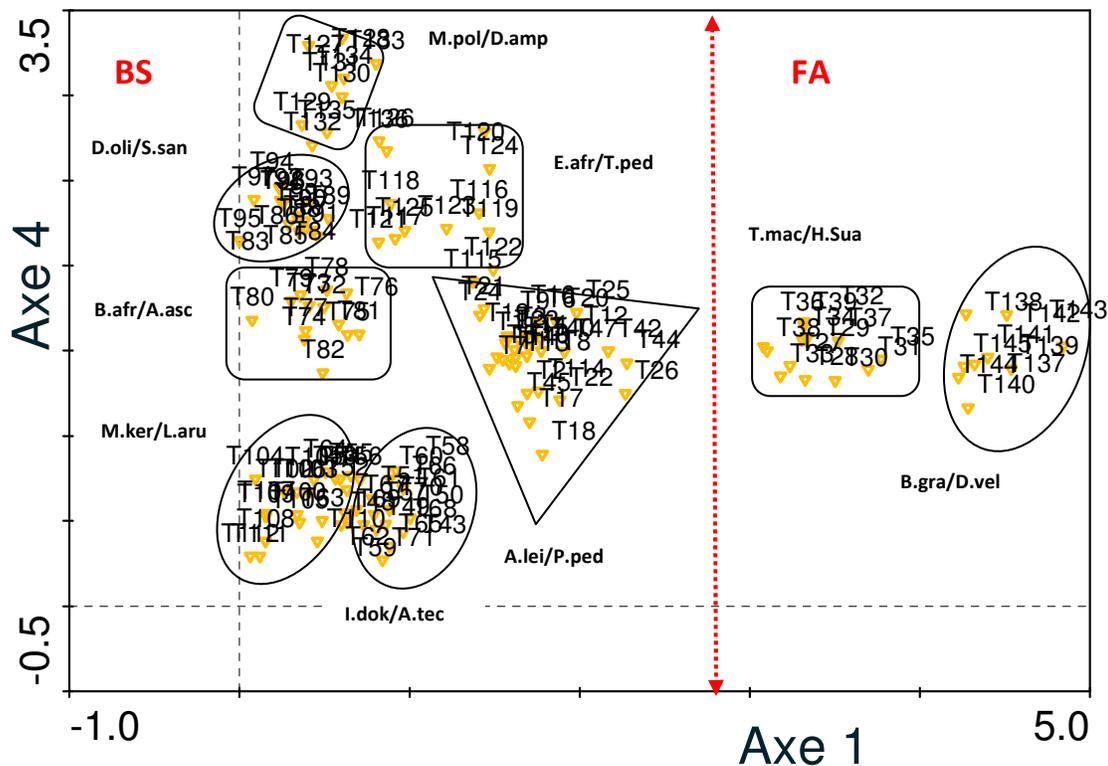


Figure 2: Distribution et discrimination des groupements végétaux du secteur sud soudanien

Bs: Bois sacré; **FA:** Formation adjacente; **A. leio/P. ped:** Groupement à *Anogeissus leiocarpa* et *Pennisetum pedicellatum*; **B. gra/D.vel:** Groupement à *Berlinia grandiflora* et *Desmodium velutinum*; **T.mac/H. sua:** Groupement à *Terminalia macroptera* et *hyptis suaveolens*; **B. afr/A. asci:** Groupement à *Burkea africana* et *Andropogon pseudapricus*; **E. afr/T. ped:** Groupement à *Entada africana* et *Tephrosia pedicellata*; **M.pol/D.amp:** Groupement à *Maranthes polyandra* et *Dibeteropogon amplexens*; **M.ker/L. aru:** Groupement à *Monotes kerstingii* et *Loudetia arundinacea*; **D.oli/S. san:** Groupement à *Daniellia oliveri* et *Schizachyrium sanguineum*; **I. dok/A.tec:** Groupement à *Isoberlinia doka* et *Andropogon tectorum*



4.2 Coefficient de similarité entre groupements végétaux : Le tableau des indices montre une faible ressemblance floristique des groupements des bois sacrés d'une part et ceux

des formations adjacentes d'autre part (tableau 2). Toutefois, les deux groupements des formations adjacentes présentent des flores typiques.

Tableau 2: Taux de similarité floristique entre groupements du secteur sud soudanien

	Bois sacrés							Formations adjacentes	
	M.pol/D.amp	D.oli/S.san	E.afr/T.ped	B.afr/A.asc	A.lei/P.ped	M.ker/L.aru	I.dok/A.tec	T.mac/H.sua	B.gra/D.vel
M.pol/D.amp	1								
D.oli/S.san	0,31	1							
E.afr/T.ped	0,34	0,37	1						
B.afr/A.asc	0,39	0,27	0,11	1					
A.lei/P.ped	0,1	0,03	0,04	0,03	1				
M.ker/L.aru	0,21	0,15	0	0,15	0,01	1			
I.dok/A.tec	0,01	0,21	0,01	0,10	0,20	0,46	1		
T.mac/H.sua	0	0	0	0	0,02	0	0	1	
B.gra/D.vel	0	0	0	0	0,04	0	0	0	1

A. leio/P. ped: Groupement à *Anogeissus leiocarpa* et *Pennisetum pedicellatum*; **B. gra/D.vel:** Groupement à *Berlinia grandiflora* et *Desmodium velutinom*; **T.mac/H. sua:** Groupement à *Terminalia macroptera* et *hyptis suaveolens*; **B. afr/A. asc:** Groupement à *Burkea africana* et *Andropogon pseudapricus*; **E. afr/T. ped:** Groupement à *Entada africana* et *Tephrosia pedicellata*; **M.pol/D.amp:** Groupement à *Maranthos polyandra* et *Diheteropogon amplexens*; **M.ker/L. aru:** Groupement à *Monotes kerstingii* et *Loudetia arundinacea*; **D.oli/S. san:** Groupement à *Daniellia oliveri* et *Schizachyrium sanguineum*; **I. dok/A.tec:** Groupement à *Isobertinia doka* et *Andropogon tectorum*

4.3 Description des groupements végétaux

4.3.1 Groupements des bois sacrés

4.3.1.1 Groupement à *Maranthos polyandra* et *Diheteropogon amplexens* : La richesse spécifique moyenne de ce groupement est de 43,8 ± 10,5/1000 m². Le taux de recouvrement moyen des ligneux est de 61,16 ± 6,11%, celui des herbacé de 72,65 ± 8,4%. La physionomie de la strate herbacée est imposée par celle de *Diheteropogon amplexens* avec une hauteur moyenne de 1,35 ± 0,22 m. La strate ligneuse est relativement basse (hauteur moyenne 4,27 ± 0,68 m). L'indice de diversité de Shannon est de 3,12 ± 0,13 tandis que celui de Piélou est de 0,73 ± 0,08. Si *Maranthos polyandra* (IV = 62,1) et *Diheteropogon amplexens* (IV = 100) distinguent ce groupement des autres, certaines espèces lui sont caractéristiques; il s'agit de *Ficus sycomorus* (IV =

28,0), *Grewia molis* (IV = 18,2), *G. bicolor* (IV = 17,0), *Ozoroa insignis* (IV = 27,9), *Hackelochloa granularis* (IV = 40,1), *Stereospermum kunthianum* (IV = 24,4), *Ximenia americana* (IV = 53,8), *Keetia venosa* (IV = 19,4), *Ipomoea eriocarpa* (IV = 15,5), *Sericanthe chevalieri* (IV = 18,7), *Albuca nigriflora* (IV = 23,4). Le spectre biologique brut révèle l'abondance des thérophytes (48,35%) et des phanérophytes (38,33%) (Figure 3). Le spectre pondéré suit la même tendance. Les autres types sont peu représentés. En terme de chorologie, il y a une prédominance de l'élément-base soudanien (27,27 et 32%), suivi des espèces soudano-zambéziennes (22,76 et 27%), des Afriques tropicales (13,63 et 4%), des paléotropicales (13,63 et 8%) et pantropicale (11,36 et 6). Toutefois, on observe un recouvrement assez considérable des espèces pluri-régionales-africaines.

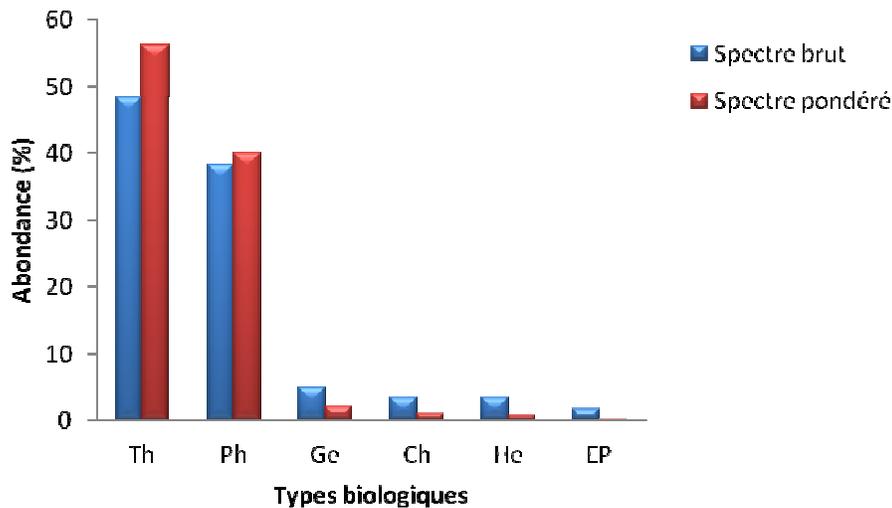


Figure 3: Spectre des types biologiques du groupement à *Maranthes polyandra* et *Dibeteropogon amplexans*

4.3.1.2 Groupement à *Daniellia oliveri* et *Schizachyrium sanguineum* : Ce groupement a une richesse spécifique de $51,77 \pm 9,32/1000 \text{ m}^2$. Le taux de recouvrement moyen des ligneux est de $65,36 \pm 7,12\%$, celui des herbacées de $70 \pm 9,3\%$. Leurs hauteurs moyennes sont respectivement de $6,78 \pm 1,03$ et $1,7 \pm 0,54$ m. L'indice de diversité est de $3,83 \pm 0,11$ pour Shannon contre $0,73 \pm 0,02$ pour Piéluou. Les espèces caractéristiques sont *Daniellia oliveri* (IV = 69,7), *Schizachyrium sanguineum* (IV = 67,2), *Brachiaria lata* (IV = 25,1), *Dichrostachys cinerea* (IV

= 26,1), *Evolvulus alsinoides* (IV = 40,2), *Flueggea virosa* (IV = 18,3), *Gardenia ternifolia* (IV = 41,2), *Guiera senegalensis* (IV = 36,9), *Hymenocardia acida* (IV = 25,3), *Indigofera pulchra* (IV = 60,8), *Lannea acida* (IV = 27,6), *Lannea microcarpa* (IV = 45,6), *Parinari curatellifolia* (IV = 38,3), *Saba senegalensis* (IV = 45,4), *Saba comorensis* (IV = 38,5). Dans ce groupement, les phanérophytes dominent toutes les autres formes de vie (figure 4) mais les thérophytes présentent un taux de recouvrement assez considérable (46,1%).

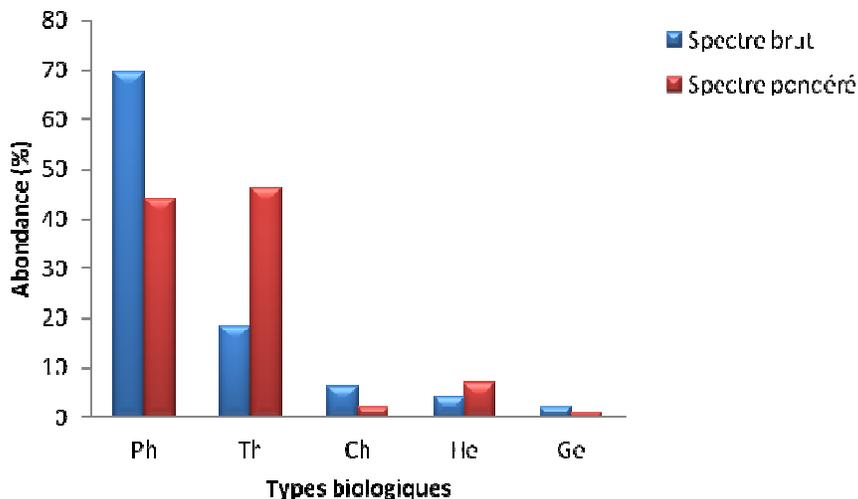


Figure 4: Spectre des types biologiques du groupement à *Daniellia oliveri* et *Schizachyrium sanguineum*. Sur le plan phytogéographique, les espèces soudaniennes sont les plus abondantes (36,36 et 42 %). Elles sont suivies de loin par les soudano-zambéziennes, les paléotropicales, les pantropicales et les Afriques tropicales.

4.3.1.3 Groupement à *Entada africana* et *Tephrosia pedicellata* : Le groupement à *Entada africana* et *Tephrosia pedicellata* a une richesse spécifique de $33,64 \pm 6,2/1000 \text{ m}^2$. Le taux de recouvrement des ligneux est de $53,9 \pm 10\%$, celui des herbacés est de $48,7 \pm 8,5\%$. Les hauteurs moyennes respectives sont $4,15 \pm 1,02$ et $1,41 \pm 0,1 \text{ m}$. L'indice de Shannon est de $3,09 \pm 0,2$; l'équitabilité de Pielou est de $0,75 \pm 0,05$.

Entada africana (IV = 52,0), *Tephrosia pedicellata* (IV = 73,9), *Acacia dudgeoni* (IV = 33,5), *Asparagus africanus* (IV = 16,3), *Leptadenia hastata* (IV = 18,2), *Sterculia setigera* (IV = 31,5), caractérisent le groupement. Le spectre brut et pondéré des types biologiques montre une dominance des phanérophytes et des thérophytes sur les autres types (Figure 5). Sur le plan phytogéographique, on note une dominance des espèces soudaniennes, suivies de loin par les afriques tropicales, les soudano-zambéziennes, les paléotropicales et les pantropicales. Leurs spectres bruts sont respectivement 32,5%; 17,5%; 17,5%; 12,5% et 10%.

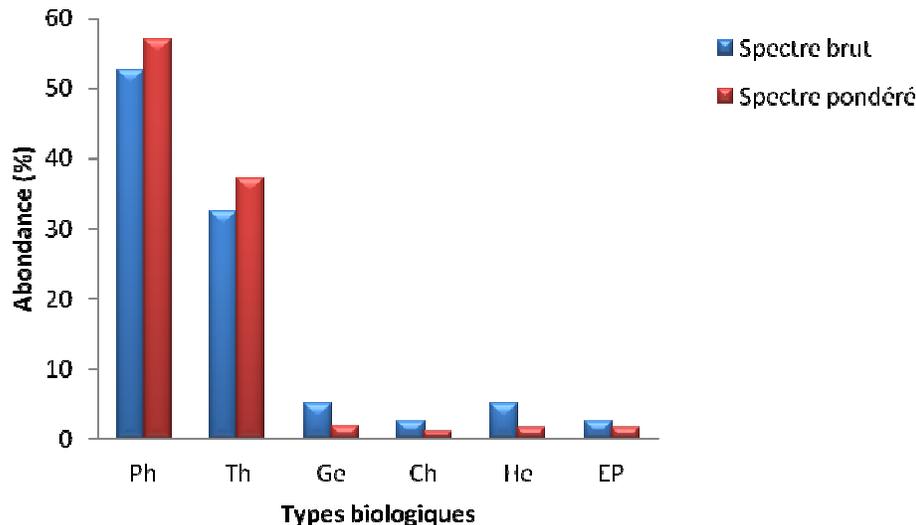


Figure 5: Spectre des types biologiques du groupement à *Entada africana* et *Tephrosia pedicellata*

4.3.1.4 Groupement à *Burkea africana* et *Andropogon ascinodis* : Il a une richesse spécifique de $42,71 \pm 12,3/1000 \text{ m}^2$. La strate herbacée toujours continue et relativement haute (hauteur moyenne $1,5 \pm 0,31 \text{ m}$), a un taux de recouvrement moyen de $60,52 \pm 5,87\%$. Sa physionomie est marquée par l'abondance de *Andropogon ascinodis*. La strate arbustive, haute de $8,57 \pm 1,2 \text{ m}$ a un taux de recouvrement de $70,75 \pm 6,2 \text{ m}$. L'indice de diversité de Shannon est de $3,10 \pm 0,10$ tandis que celui de Pielou est de $0,78 \pm 0,07$. Le groupement est caractérisé par *Burkea africana* (IV = 52,0), *Andropogon ascinodis* (IV =

66,6), *Acacia macrostachya* (IV = 48,3), *Cissus populnea* (IV = 26,5), *Cochlospermum planchonii* (IV = 34,1), *Landolphia beudelotii* (IV = 41,7), *Ocimum americanum* (IV = 23,1), *Spigelia anthelmia* (IV = 61,5), *Setaria pumila* (IV = 21,3), *Strychnos spinosa* (IV = 24,6), *Terminalia avicennioides* (IV = 38,2), *Triumfetta rhomboidea* (IV = 50,4), *Waltheria indica* (IV = 27,8), *Detarium microcarpum* (IV = 21,8). On observe dans ce groupement une nette dominance des phanérophytes (58,82% - 62,6%). Ils sont suivis de loin par les thérophytes (25% - 32%) (Figure 6). Il y a une prédominance des espèces soudaniennes, attestant ainsi leur affinité

chronologique à la zone soudanienne. Elles sont suivies de très loin par les espèces soudano-zambéziennes (15,62% - 16%), les Afriques

tropicales (12,54% - 25%), les paléotropicales (10,93% - 7%) et les pantropicales (9,37% - 4%).

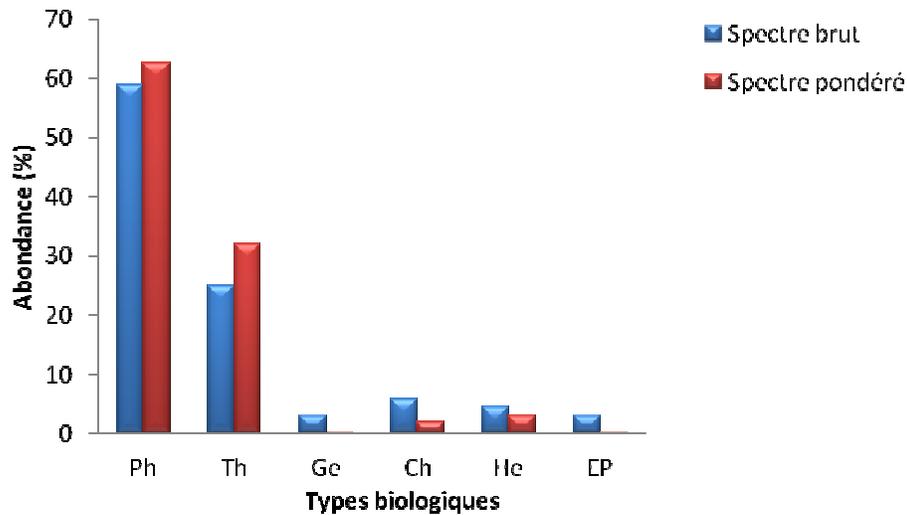


Figure 6: Spectre des types biologiques du groupement à *Burkea africana* et *Andropogon ascinosidis*

4.3.1.5 Groupement à *Anogeissus leiocarpa* et *Pennisetum pedicellatum* : La strate herbacée de ce groupement, assez dense (taux de recouvrement moyen de $70 \pm 7,12$ %) et relativement haute ($1,5 \pm 0,2$ m), est dominée par *Pennisetum pedicellatum*, *Cyanotis lanata* et *Wissadula amplissima*. La strate arbustive, moyennement dense ($57,9 \pm 6,5\%$ de recouvrement moyen) est marquée par l'abondance de *Anogeissus leiocarpa*, avec une hauteur moyenne de $5,45 \pm 1,7$ m. Les indices de diversité sont de $3,63 \pm 0,15$ pour Shannon et de $0,78 \pm 0,06$ pour Piélu. La richesse spécifique moyenne par relevé est de $45,67 \pm 7,11/1000$ m². Les espèces caractéristiques assez fréquentes sont *Anogeissus leiocarpa* (IV = 50,3), *Pennisetum pedicellatum* (IV =

41,6), *Wissadula amplissima* (IV = 40,8), *Balanites aegyptiaca* (IV = 26,4), *Feretia apodanthera* (IV = 19,2), *Khaya senegalensis* (IV = 61,0), *Maerua angolensis* (IV = 16,5), *Sida urens* (IV = 29,2), *Stylochaeton lancifolius* (IV = 27,1), *Cyanotis lanata* (IV = 32,3), *Holarrhena floribunda* (IV = 22,0). Les spectres bruts et pondérés montrent une prédominance des phanérophytes sur les autres types biologiques (Figure 7). Ils sont suivis de très loin par les thérophytes qui totalisent des spectres brut et pondéré respectifs de 23,8% et 27,7%. Concernant la répartition phytogéographique, ce sont les espèces soudanienues qui prédominent avec un spectre brut de 30,39% et un spectre pondéré de 18%.

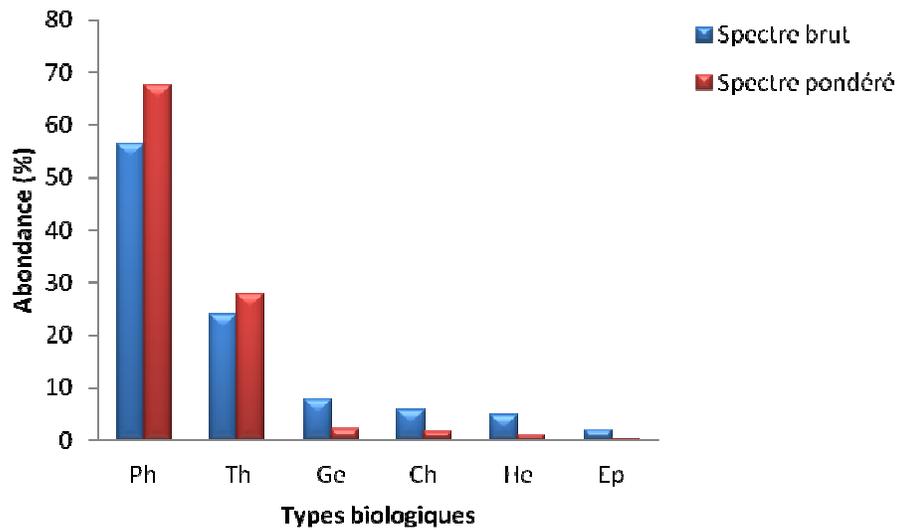


Figure 7: Spectre des types biologiques du groupement à *Anogeissus leiocarpa* et *Pennisetum pedicellatum*

4.3.1.6 Groupement à *Monotes kerstingii* et *Loudetia arundinacea* : Le groupement à *Monotes kerstingii* et *Loudetia arundinacea* a une richesse spécifique moyenne de $52,45 \pm 9,7/1000$ m². Le taux de recouvrement des ligneux est $63,21 \pm 3,9\%$ pour une hauteur moyenne de $5,9 \pm 1,03$ m. La strate herbacée, relativement haute ($1,7 \pm 0,34$ m), a un recouvrement moyen de $60 \pm 6,54\%$. L'indice de Shannon est de $3,84 \pm 0,13$; l'équitabilité de Pielou de $0,75 \pm 0,06$. Ce groupement est caractérisé par *Monotes kerstingii*

(IV = 100), *Loudetia arundinacea* (IV = 92,6), *Combretum fragrans* (IV = 30,2), *C. glutinosum* (IV = 34,3), *C. molle* (IV = 32,7), *C. nigricans* (IV = 25,7), *Crossopteryx febrifuga* (IV = 19,9), *Parkia biglobosa* (IV = 28,1), *Terminalia laxiflora* (IV = 38,5), *Trema orientalis* (IV = 35,7). Dans ce groupement, les phanérophytes dominent largement les autres formes de vie (66,03 et 55,4 %) (Figure 8). Ils sont suivis des thérophytes qui présentent un recouvrement appréciable (33 %).

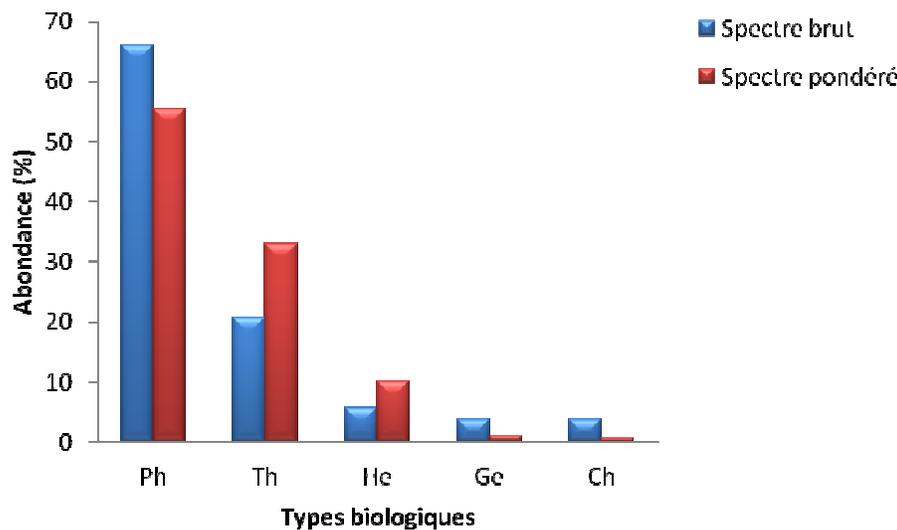


Figure 8: Spectre des types biologiques du groupement à *Monotes kerstingii* et *Loudetia arundinacea*

Sur le plan phytogéographique, il y a une prépondérance des espèces soudaniennes (30,39% - 40%) sur les autres types chorologiques. Elles sont suivies par les espèces pantropicales, les Afriques tropicales, les soudano-zambéziennes et les paléotropicales.

4.3.1.7 Groupement à *Isoberlinia doka* et *Andropogon tectorum*: Il a une richesse spécifique de $55,62 \pm 10,97/1000 \text{ m}^2$. La strate herbacée est dominée par *Andropogon tectorum* qui imprime sa physionomie avec une hauteur moyenne de $2,07 \pm 0,59 \text{ m}$ et un recouvrement moyen de $87,65 \pm 5,75\%$. La strate ligneuse a un recouvrement de $63,86 \pm 4,61\%$ et une hauteur moyenne de $8,75 \pm 1,27 \text{ m}$. En terme de diversité, le groupement a un indice de Shannon de $3,85 \pm 0,17$ et une équitabilité de Piélou de

$0,74 \pm 0,05$. Les espèces telles que *Isoberlinia doka* (IV = 61,9), *Andropogon tectorum* (IV = 87,1), *Andropogon gayanus* (IV = 28,0), *Cassia nigricans* (IV = 24,6), *Cissus waterlotii* (IV = 36,2), *Pericopsis laxiflora* (IV = 31,1), *Piliostigma reticulatum* (IV = 26,4), *Prosopis africana* (IV = 20,6), *Strychnos innocua* (IV = 50,0), *Pterocarpus erinaceus* (IV = 47,1), *Tephrosia bracteolata* (IV = 38,0) et *Vitellaria paradoxa* (IV = 27,8) caractérisent le groupement. Les spectres bruts et pondérés révèlent une prépondérance des phanéropytes et des thérophytes sur les autres formes de vie (Figure 9). Leurs spectres bruts qui sont respectivement de 59,09% et 28,4% dépassent de loin celui des géophytes (4,54%), des hémicryptophytes (4,54%) et des chaméphytes (3,43%).

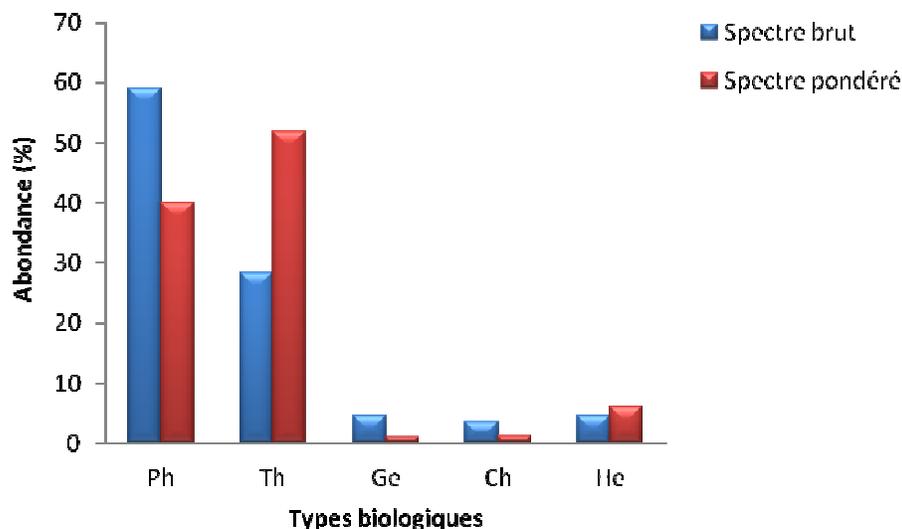


Figure 9: Spectre des types biologiques du groupement à *Isoberlinia doka* et *Andropogon tectorum*

Pour ce qui est des types chorologiques, les espèces soudaniennes (30,95 et 47%) et Soudano-zambéziennes (22,61 et 33,7%) sont les plus abondantes. Les espèces pantropicales et les paléotropicales présentent également des spectres bruts non moins importants.

4.3.2 Les groupements des formations végétales adjacentes

4.3.2.1 Groupement à *Terminalia macroptera* et *Hyptis suaveolens*: Ce groupement a une richesse spécifique moyenne de $32,74 \pm 4,3/1000$

m^2 avec un taux de recouvrement moyen de $60,54 \pm 5,1\%$ et une hauteur moyenne de $3,26 \pm 0,79 \text{ m}$ pour la composante ligneuse. La composante herbacée, haute de $1,1 \pm 0,15 \text{ m}$ en moyenne, a un recouvrement moyen de $55,12 \pm 8,1\%$. Les indices de diversité sont de $2,89 \pm 0,09$ pour Shannon et de $0,69 \pm 0,04$ pour Piélou. Les principales espèces qui caractérisent le groupement sont *Terminalia macroptera* (IV = 68,6), *Hyptis suaveolens* (IV = 77,4), *Bidens pilosa* (IV = 20,2), *Cyperus amabilis* (IV = 42,3), *Digitaria*

horizontalis (IV = 22,5), *Hoslundia opposita* (IV = 28,5), *Kaempferia aethiopica* (IV = 23,8), *Mitragyna inermis* (IV = 20,5), *Nauclea latifolia* (IV = 43,7), *Oryza barthii* (IV = 46,2), *Paspalum scrobiculatum* (IV = 27,6), *Phyllanthus amarus* (IV = 48,8), *Spermacoce filifolia* (IV = 24,8). Le spectre de la

phanérophytes et des thérophytes sur les autres types biologiques. Leurs spectres bruts et pondérés sont 45,16% et 43%; 27,41% et 48%. Les analyses phytogéographiques de la flore de ce groupement montrent une prédominance des espèces soudaniennes (16,39% - 30%), des paléotropicales (16,12% - 19,5%), des

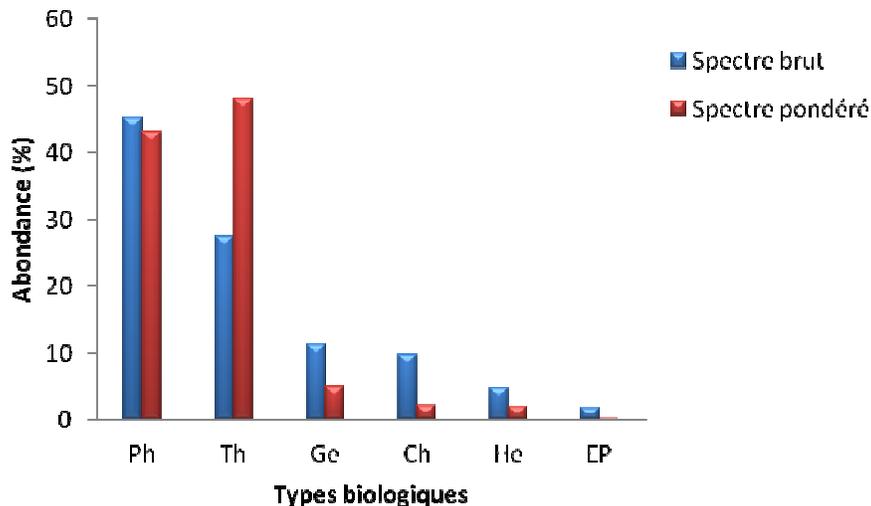


Figure 10: Spectre des types biologiques du groupement à *Terminalia macroptera* et *Hyptis suaveolens* soudano-zambéziennes (14,75% - 16%), des pantropicales (13,11% - 22%), des Afriques tropicales (11,47% - 3,5% et des plurirégionales africaines (10,17% - 4%).

4.3.2.2 Groupement à *Berlinia grandiflora* et *Desmodium velutinum* : Le groupement à *Berlinia grandiflora* et *Desmodium velutinum* a une richesse spécifique moyenne de $31,69 \pm 3,02/1000 \text{ m}^2$. Le taux de recouvrement moyen des ligneux est de $50,31 \pm 9,78\%$ contre $58 \pm 6,5\%$ pour les herbacées. La strate ligneuse a une hauteur de $7,2 \pm 4,25 \text{ m}$, la strate herbacée de $1,03 \pm 0,22 \text{ m}$. L'indice de Shannon est de $2,85 \pm 0,10$ tandis que celui de Piéou est de $0,71 \pm 0,08$. Ce groupement est caractérisé par *Berlinia grandiflora* (IV = 100), *Desmodium velutinum* (IV = 96,9), *Albizia zygia* (IV = 36,9), *Anchomanes difformis* (IV = 34,3), *Antiaris africana* (IV = 36,5), *Bulbostilis abortiva* (IV = 53,0), *Cassia singueana* (IV

= 23,4), *Gymnema sylvestre* (IV = 44,4), *Hyptis spicigera* (IV = 36,7), *Hygrophila auriculata* (IV = 55,6), *Lencas martinicensis* (IV = 44,4), *Margaritaria discoidea* (IV = 55,6), *Syzygium guineense* (IV = 33,3), *Strophanthus sarmentosus* (IV = 33,3), *Trichilia emetica* (IV = 55,6), *Uvaria chamae* (IV = 43,5). Les phanérophtes dominent le spectre des types biologiques (Figure 11). Ils sont suivis de loin par les thérophytes (23,07% et 11%). Du point de vue phytogéographique, il y a une légère prépondérance des soudano-zambéziennes (20% et 17,3%) sur les pantropicales (16% et 33%), les paléotropicales (14% et 20%) et les espèces soudaniennes (14% et 5%).

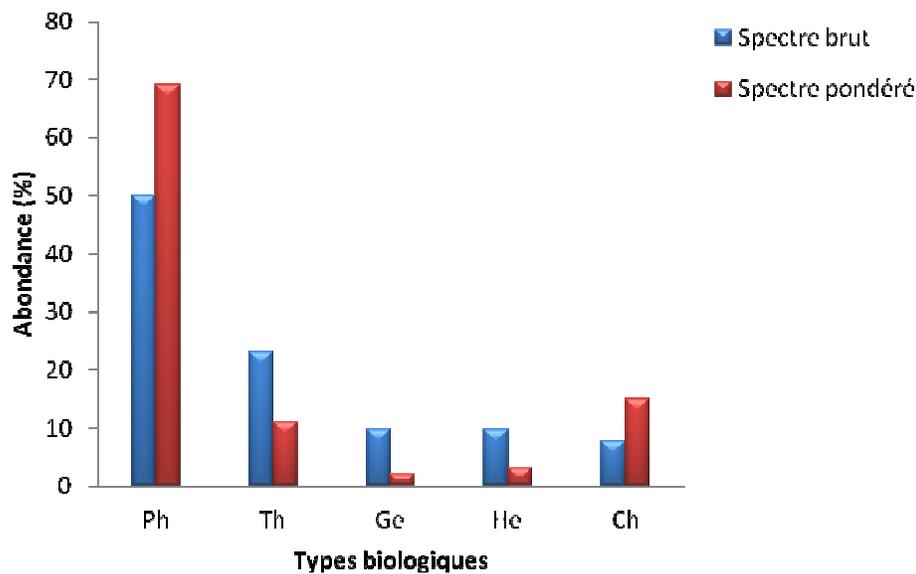


Figure 11: Spectre des types biologiques du groupement à *Berlinia grandiflora* et *Desmodium velutinum*

5 DISCUSSION

5.1 Caractéristiques floristiques et écologiques :

Les groupements des bois sacrés présentent une bonne physionomie et une bonne diversité par rapport aux formations environnantes. Quel que soit leur appartenance phytosociologique, ils sont floristiquement plus riches que les groupements des formations adjacentes. Cela s'explique par le fait que dans ces zones, les bois sacrés bénéficient de protections coutumières rigoureuses. Par ailleurs, la crainte suscitée par certaines catégories de bois sacrés, en l'occurrence les bois sacrés cimetières et les bois sacrés hantés limite les fréquentations humaines dans ces bois. En effet, de peur de subir le même sort que ceux qui y sont enterrés, les populations sont trop méfiantes à l'endroit des bois sacrés cimetières, surtout lorsqu'il s'agit d'un site où les personnes mortes dans des circonstances mystérieuses ou de suite d'un accident y sont enterrées (Savadogo *et al.*, 2011 ; Savadogo *et al.*, 2017). Quant aux bois sacrés hantés, les esprits souvent maléfiques qu'ils incarneraient font parler d'eux à travers une série de phénomènes mystiques comme des bruits, des jets de pierres, des maladies, des coups infligés à certains passants, ... Cela a beaucoup contribué à la préservation des bois sacrés du secteur sud

soudanien. Numériquement, on trouve plus de groupements végétaux dans les bois sacrés que dans les formations adjacentes. Les bois sacrés totalisent 7 groupements végétaux, contre 02 pour les formations avoisinantes. Cette supériorité numérique est due aux protections coutumières dont bénéficient les bois sacrés. Les bois sont gérés et protégés traditionnellement à des fins culturelles (Savadogo *et al.*, 2010; Savadogo *et al.*, 2011). Ce sont des exemples de traditions locales qui contribuent à la sauvegarde de la flore et de la faune menacées de disparition (Kokou et Sokpon, 2006). En effet, la nécessité de respecter scrupuleusement la tradition léguée par les ancêtres peut être considérée comme étant un contrepouvoir aux prérogatives du chef de terre. Le chef de terre est tenu à une gestion rigoureuse du patrimoine collectif selon les normes léguées par les ancêtres car à sa mort, il aura à rendre compte de son comportement à ses devanciers réunis en tribunal. La peur que suscite la perspective de cette reddition des comptes est une garantie efficace contre les abus. Certains arbres réputés sacrés comme *Tamarindus indica*, *Khaya senegalensis*, *Azizelia africana*, *Adansonia digitata*, *Balanites aegyptiaca*, *Pterocarpus erunaceus*... sont également craints car ils incarnent les mauvais

esprits comme le soulignent Kokou et Sokpon (2006). C'est pourquoi Malan (2009) estime que la sacralisation des sites constituerait une stratégie efficace à inclure dans le processus de gestion moderne des ressources naturelles. Ce point de vue est également admis par Fournier (2011) pour qui, les pratiques rituelles dans les lieux sacrés ont une influence positive sur la conservation des ressources ligneuses. La similarité floristique entre les groupements végétaux des bois sacrés et ceux des formations adjacentes est très faible, voire nulle. Cette situation est due en partie aux différences de conditions édaphiques et à l'impact humain. En effet, les bois sacrés sont moins anthropisés que les écosystèmes environnants. C'est dans ce sens que certains auteurs estiment que les bois sacrés aident à conserver les écosystèmes qui fournissent une diversité biologique considérable (Bognounou *et al.*, 2001; Sow, 2003; Kokou et Kokutse, 2007; Mansourian *et al.*, 2009; Savadogo *et al.*, 2010). Le groupement à *Anogeissus leiocarpa* et *Pennisetum pedicellatum* est spécialement associé aux cours d'eau et aux bas-fonds hydromorphes. Ces résultats sont en accord avec ceux de Thiombiano (2005) et de Ouédraogo (2006) pour qui, *Anogeissus leiocarpa* se développe sur des sols hydromorphes. Abordant dans le même sens, Hounto *et al.*, 2016 précisent que les forêts sacrées sont considérées comme les derniers vestiges de conservation de la diversité biologique et culturelle, et constituent aussi un facteur primordial pour le maintien des acquis culturels du monde rural.

5.2 : Types biologiques et phytogéographiques : Du point de vue physiognomique (spectres pondérés), les phanérophytes et les thérophytes dominent la plupart des groupements. La forte proportion des thérophytes témoigne de la xéricité des sites d'étude (Koulibaly *et al.*, 2006). Cela est d'ailleurs confirmé par la faible représentativité des hémicryptophytes et des géophytes dans la plupart des groupements. Selon Fournier *et al.* (2000), en zone soudanienne, même dans une faible proportion, les hémicryptophytes indiquent la stabilité des sols et des conditions d'humidité relativement acceptables. En effet, la proportion

des thérophytes décroît au profit des hémicryptophytes selon le gradient pluviométrique décroissant (Houinato, 2001). Cette dominance des thérophytes traduit une prévalence des formations savanicoles (Mbayngone, 2008), mais doublée d'une faible représentativité des hémicryptophytes, elle indique également un climat du sous-domaine soudanien septentrional (Sinsin et Oumorou, 2000). La prépondérance des phanérophytes dans les groupements traduit non seulement des conditions édaphiques plus favorables à une végétation forestière ou des savanes boisées, mais aussi la forte proportion d'espèces ligneuses due au reboisement de certains sites sacrés et à la pression de pâturage. La protection des bois sacrés crée des conditions (micro-climat) favorables au développement des ligneux. En effet, les travaux de Wala (2004) ont montré que la répartition des formes biologiques traduit les conditions écologiques du site. Pour Ouoba (2006), cette prédominance des phanérophytes est caractéristique des zones à climat tropical humide. Elle marque le caractère forestier de la végétation concernée. Cependant, (Mbayngone, 2008) estime que la forte proportion des phanérophytes dans plusieurs groupements, comme c'est le cas dans les groupements décrits dans cette étude, détermine plutôt une grande richesse spécifique de la flore ligneuse et non le caractère boisé du groupement. Ces résultats confirment l'assertion de Schmidt *et al.* (2005) selon laquelle les types biologiques reflètent non seulement les paramètres structuraux dans une végétation mais également les conditions environnementales variées. Sur le plan chorologique, les espèces soudaniennes abondent dans la plupart des groupements végétaux, montrant ainsi une grande amplitude écologique des espèces soudaniennes. Les proportions élevées des espèces soudaniennes et soudano-zambésiennes dans certains groupements, témoignent de la stabilité des milieux dans lesquels ont été décrits ces groupements, ce qui leur confère l'avantage de conserver la biodiversité originelle. Ce constat s'apparente un peu à celui de Béchir (2004) qui estime que, le



taux élevé d'espèce soudano-zambéziennes révèle une affinité floristique des formations étudiées avec les formations forestières soudano-guinéennes. Ces résultats sont également en accord avec ceux de (Guinko, 1984), (Houinato, 2001) et (Adomou, 2005). Pour ces auteurs, la proportion relativement peu élevée de l'élément base-soudanien combinée à celle des espèces

soudano-zambéziennes traduit l'appartenance de la zone d'étude au domaine soudanien. L'abondance des espèces à large distribution (pantropicales et paléotropicales) et à distribution continentale (afro-tropicales) après les espèces soudaniennes indique que la zone d'étude appartient au domaine soudanien perturbé (Sinsin, 2001).

6 CONCLUSION

L'étude phytosociologique de la végétation des bois sacrés et des terroirs de la zone sud soudanienne du Burkina Faso, par des méthodes classiques de classification et d'ordination a abouti à la discrimination de 9 groupements végétaux dont 7 dans les bois sacrés et 2 dans les végétations adjacentes. Les groupements végétaux discriminés dans les bois sacrés présentent les meilleures caractéristiques floristiques et physiologiques que ceux décrits dans les terroirs. Les groupements des bois sacrés (peu anthropisés) sont les groupements qui enregistrent les plus grandes diversités et richesse floristique. Cette richesse floristique est en partie due à la protection coutumière et dans une

moindre mesure à l'autoprotection intégrale dont bénéficient certains sites sacrés. En effet, la crainte suscitée par certains bois sacrés en l'occurrence ceux abritant des cimetières et/ou des esprits maléfiques et la perception favorable qu'ont les habitants quant aux valeurs magico-religieuses de certaines espèces (espèces sacrées) sont des supports considérables pour la conservation et la préservation des ressources naturelles. La flore d'ensemble des bois sacrés est surtout dominée par des phanérophytes et des thérophytes. Du point de vue phytogéographique, les espèces soudaniennes prédominent les autres types chorologiques dans presque tous les groupements végétaux.

7 REMERCIEMENTS

Nous adressons nos vifs remerciements aux autorités coutumières pour leurs franches collaborations et leurs sympathies qui ont beaucoup facilité les récoltes de données sur le terrain. Par ailleurs, nous remercions sincèrement le programme Biodiversity Monitoring Transect

Analysis (BIOTA) qui a financé les récoltes de données de cet article. Enfin, nous remercions Monsieur DIMOBE Kangbeni, pour son assistance technique dans la réalisation de la carte de localisation des bois sacrés.

8 BIBLIOGRAPHIE

- Adomou AC: 2005. Vegetation patterns and environmental gradients in Benin. Implications or biogeography and conservation. PhD thesis Wageningen University, Wageningen, 132 p.
- Ake Assi L: 2001. Flore de la Côte d'Ivoire: catalogue systématique, biogéographie et écologie I. *Boissiera* 57, 396 p.
- Ake Assi L: 2002. Flore de la Côte d'Ivoire: Catalogue systématique, biogéographie et écologie II. *Boissiera* 58, 401 pp.

- Arbonnier M: 2000. Arbres, arbustes et lianes d'Afrique de l'Ouest. 2^{ème} édition, CIRAD-MNHN- UICN. 541 pp.
- Bechir AB : 2004. Évaluation des potentialités de production de la forêt classée de Banzie (Zone sud-soudanienne du Burkina Faso). *Mémoire de DEA*, Université de Ouagadougou, 95 p.
- Berhaut J: 1976. Flore illustrée du Sénégal. Dicotylédones, Tome V : Légumineuses et Papilionacées. Gouvernement du



- Sénégal, Ministère du Développement Rural, Dakar. 658 pp.
- Berhaut J: 1988. Flore illustrée du Sénégal. Monocotylédones et Ptéridophytes, Tom IX, Monocotylédones: Agavacées à Orchidacées. Gouvernement du Sénégal, Ministère du Développement Rural, Dakar. 523 pp.
- Berkes J. et Davidson-Hunt JA: 2006. Biodiversité, systèmes de gestion traditionnels et paysages culturels. Exemples fournis par la forêt boréale canadienne. *Revue internationale des sciences sociales* 187: 39-52.
- Bognounou O, Belem OM. et Lamien N: 2001. Connaissances et pratiques traditionnelles pour une conservation de la biodiversité au Burkina Faso, 17 p.
- Braun-Blanquet J: 1932. Plant sociology. Macgran-Hill, New York & London. 330 pp.
- Dufrene M. and Legendre P: 1997. Species assemblages and Indicator Species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Fontes J. et Guinko S: 1995. Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative. Ministère de la Coopération Française. Projet Campus (88 313 101), Toulouse cedex, 67 pp.
- Fournier A: 2011. Consequences of wooded shrine rituals on vegetation conservation in West Africa: a case study from the Bwaba cultural area (West Burkina Faso). *Biodivers. Conserv.* 20: 1895-1910.
- Fournier A, Yoni M. et Zombré P: 2000. Les jachères à *Andropogon gayanus* en savane soudanienne : Flore, structure, déterminants et fonction dans l'écosystème. Cas de Bondoukuy dans l'Ouest du Burkina Faso. ORSTOM, 26 p.
- Garcia C, Pascal JP. et Kushalappa CG: 2006. Les forêts sacrées du Kadagu en Inde : écologie et religion. *Bois et Forêts des Tropiques* 288: 5-13.
- Guinko S : 1984. Végétation de la Haute Volta. *Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles*; Univ. Bordeaux III. 394 pp.
- Houinato MRB: 2001. Phytosociologie, écologie, production et capacité de charge des formations végétales pâturées dans la région des Monts Kouffé (Bénin). *Thèse de l'Université Libre de Bruxelles*. 218 p.
- Hounto G, Tente B, Yabi F. et Yabi I: 2016. Diversité et connaissance ethnobotanique des espèces végétales de la forêt sacrée de Badjamè et zones connexes au sud-ouest du Benin. *Revue Scientifique et Technique Forêt et Environnement du Bassin du Congo* 7: 28-36.
- Kent M. and Coker P: 2003. Vegetation description and analysis. A practical approach. John Willey et Sons Eds, Belhaven Press, London, 363 pp.
- Kokou K. et Kokutse AD: 2007. Conservation de la biodiversité dans les forêts sacrées littorales du Togo. *Bois et Forêt des Tropiques* 292: 59-72.
- Kokou K. et Sokpon N: 2006. Les forêts sacrées du couloir du Dahomey. *Bois et Forêts des Tropiques* 288: 15-23.
- Koulibaly A, Goetze D, Traoré D. and perombski S: 2006. Protected versus exploited savannas: characteristics of the soudanian vegetation in Ivory Coast. *Candollea* 61: 425-452.
- Le Bourgois T. et Merler H: 1995. Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne. Edition CIRAD-CA. 637 pp.
- Malan DF: 2009. Religion traditionnelle et gestion durable des ressources floristiques en côte d'ivoire : le cas des ehotilé, riverains du parc national des îles ehotilé. *Vertigo* 9: 1-11.
- Mansourian S, Belokurov A. et Stephenson PJ: 2009. Rôle des aires protégées forestières dans l'adaptation aux changements climatiques, 12 p.



- Mbayngone E : 2008. Flore et végétation de la réserve partielle de faune de Pama, sud-est du Burkina Faso. *Thèse de doctorat*, Université de Ouagadougou, 138 p.
- Ouadba JM : 2003. Caractéristique de la végétation des milieux anthropisés de la province du Bazéga au Burkina Faso. *Thèse d'Etat*, Université de Ouagadougou, 197 p.
- Ouédraogo A : 2006. Diversité et dynamique de la végétation ligneuse de la partie orientale du Burkina Faso. *Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle*, Université de Ouagadougou, 195 p.
- Ouédraogo O : 2009. Phytosociologie, dynamique et productivité de la végétation du parc national d'Arly (sud-est du Burkina Faso). *Thèse de doctorat unique*, Université de Ouagadougou, 188 p.
- Ouinsavi C, Sokpon N. and Bada O: 2004. Utilization and traditional strategies of in situ conservation of Iroko (*Milicia excelsa* Welw. C.C. Berg) in Benin. *Forest Ecology and Management* 207: 341–350.
- Ouoba P : 2006. Flore et végétation de la forêt classée de Niangoloko, sud-ouest du Burkina Faso. *Thèse de Doctorat*, Université de Ouagadougou, 144 p.
- Pielou EC : 1996. Species diversity and pattern diversity in the study of ecological succession. *J. Theor. Biol.*: 370-383.
- Savadogo S : 2008. Étude de la flore et de la végétation des bois sacrés de la zone subsaharienne du Burkina Faso. *Mémoire de DEA*, Université de Ouagadougou, 65 p.
- Savadogo S : 2013. Les bois sacrés du Burkina Faso : diversité, structure, dimension spirituelle et mode de gestion de leurs ressources naturelles. *Thèse de doctorat unique*, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 226 p.
- Savadogo S, Ouédraogo A. et Thiombiano A: 2010. Perceptions, mode de gestion et végétation des bois sacrés au nord du Burkina Faso. *Flora et Vegetatio Sudano-Sambesica* 13: 10-21.
- Savadogo S, Ouédraogo A. et Thiombiano A: 2011. Diversité et enjeux de conservation des bois sacrés en société Mossi (Burkina Faso) face aux mutations socioculturelles actuelles. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5: 1639-1658.
- Savadogo S, Sop KT. and Thiombiano A: 2017. Sacred and totemic plants among thirty two (32) ethnic groups in Burkina Faso: Implication for biodiversity conservation. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin* 21: 89-120.
- Schmidt M, Kreft H, Thiombiano A. and Zizka G: 2005. Herbarium collection and field data-based plant diversity maps for Burkina Faso. *Diversity and Distribution* 11, 509-516.
- Shannon CE. and Weaver W: 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, University of Illinois Press, 117 pp.
- Sinsin B: 1993. Phytosociologie, écologie, valeur pastorale, produit et capacité de charge des pâturages naturels du périmètre Nikki-Kalale au nord du Bénin. *Thèse des sciences agronomiques*, Université libre de Bruxelles. 389 p.
- Sinsin B : 2001. Formes de vie et diversité spécifique des associations de forêts claires du nord du Bénin. *Syst. Geogr. Pl.* 71: 873-888.
- Sinsin B. et Oumorou M: 2000. Étude de la diversité spécifique du groupement à *Cochlospermum tinctorium* A. Riche des savanes arbustives du nord Bénin. *Acta Bot. Gellica* 4: 345-360.
- Sokpon N. and Agbo V: 1999. Sacred groves as tools for indigenous forest management in Benin. *Annales des sciences agronomiques du Bénin* 2: 1-15.
- Sokpon N, Ametepe A. et Agbo V: 1998. Forêt sacrées et conservation de la biodiversité au Bénin: Cas du plateau Adja au sud ouest du Bénin. *Annales des sciences agronomiques du Bénin* 1: 1-18.
- Sow M: 2003. Pratiques culturelles et conservation de la Biodiversité en



- Guinée. *Education relative à l'environnement* 4: 289-295.
- Swamy PS, Kumar M. et Sundarapandian SM: 2003. Spiritualité et écologie des bois sacrés au Tamil Nadu, Inde. *Unasyha* 54: 53-58.
- Thiombiano A : 2005. Les Combretaceae du Burkina Faso: Taxonomie, écologie, dynamique et régénération des espèces. *Thèse de doctorat d'Etat*, Université de Ouagadougou, 290 p.
- Vogiatzakis IN, Griffiths GH, Melis MT, Marini A. and Careddu MB: 2006. Landscape typology in the Mediterranean context: a tool for habitat restoration. *Journal of Mediterranean Ecology* 7: 23-30.
- Wala K : 2004. La végétation de la chaîne de l'Atakora au Bénin: Diversité floristique, phytosociologie et impact humain. *Thèse de doctorat de 3^e cycle*, Université de Lomé, 140 p.
- White F : 1986. La végétation de l'Afrique: mémoire accompagnant la carte de végétation de l'Afrique. Paris, ORSTOM. 384 pp.



Écologie et diversité des bois sacrés et des savanes environnantes du secteur sud-soudanien du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest)

¹Salfo SAVADOGO, ²Oumarou SAMBARE, ³Adjima THIOMBIANO

¹*Département Substances Naturelles (DSN), Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique (CNRST), 03 BP 7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso*

²*Institut Des Sciences (IDS), 01 BP 1757 Ouagadougou 01 Burkina Faso*

³*Laboratoire de Biologie et Écologie Végétales (LaBEV), Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Université Ouaga I Pr. Joseph Ki Zerbo (UO I Pr. JKZ), 09 BP 848 Ouagadougou 09 Burkina Faso*

*Auteur correspondant : Salfo SAVADOGO : (226) 78148774/ (226) 76091008 ; Email :

salfosava@yahoo.fr / salfosava@gmail.com

Mots clés : Bois sacrés, Relevés botaniques, groupements végétaux, diversité biologique, Burkina Faso

Keywords: Sacred woodlands, botanical surveys, plant communities, biological diversity, Burkina Faso

1 RÉSUMÉ

Ce travail a été réalisé dans le but de montrer l'importance des bois sacrés dans la conservation de la biodiversité et des communautés végétales. L'étude s'est basée sur des enquêtes ethnobotaniques et des relevés phytosociologiques dans les bois sacrés et dans les savanes environnantes. Les enquêtes ont permis de répertorier les bois sacrés, de les localiser et de solliciter l'accord des autorités coutumières pour leurs inventaires botaniques. Au total, 142 relevés phytosociologiques ont été réalisés dans les bois sacrés et dans les savanes environnantes. Des analyses multivariées à l'aide des logiciels CAP, PC-ORD (IndVal) et CANOCO (DCA), ont permis de discriminer neuf (09) groupements végétaux en fonction des paramètres topo édaphiques, dont 7 dans les bois sacrés et deux (02) dans les savanes environnantes. Les analyses floristiques montrent que les groupements décrits dans les bois sacrés sont floristiquement plus riches et plus diversifiés que ceux décrits dans les savanes environnantes. Les paramètres physiologiques et floristiques des groupements des bois sacrés sont significativement différents de ceux des groupements végétaux des savanes environnantes. Cela montre que les bois sacrés présentent l'avantage de conserver les communautés végétales mieux que les savanes environnantes ; d'où la nécessité de les aménager pour une bonne stabilité de nos communautés végétales. Dans le secteur sud soudanien, les groupements sont dominés par des phanérophytes. Sur le plan chronologique, les espèces soudaniennes abondent dans la plupart des groupements végétaux. Les proportions élevées des espèces soudaniennes et soudano-zambéziennes dans certains groupements, témoignent de la stabilité des milieux dans lesquels ont été décrits ces groupements, ce qui leur confère l'avantage de conserver la biodiversité originelle.



Ecology and diversity of sacred woodlands and surrounding savannas in south sudanian sector of Burkina Faso (West Africa)

ABSTRACT

This work was carried out in order to show the importance of sacred woodlands in the conservation of biodiversity and plant communities. The study was based on ethnobotanical investigation and phytosociological surveys in sacred woodlands and surrounding savannas. The investigation allowed to repertory and to localize sacred woodlands and to seek the agreement of the customary authorities for their botanical surveys. A total of 142 phytosociological surveys were carried out in sacred woodlands and surrounding savannas. Multivariate analyzes using CAP, PC-ORD (IndVal) and CANOCO (DCA) softwares allowed to discriminate 9 plant communities according to the topo edaphic parameters, of which 7 in the sacred woodlands and two (02) in surrounding savannas. The floristic analyzes show that the plant communities described in the sacred woodlands are floristically richer than those described in surrounding savannas. Thus, the physiognomic and floristic parameters of plant communities of sacred woodlands are significantly different from those of the plant communities of surrounding savannas. This shows that sacred woodlands have the advantage to conserve better plant communities than surrounding savannas; hence the need to develop them for a good stability of our plant communities. In the southern Sudanian sector, the plant communities are dominated by phanerophytes. On the chorological level, Sudanese species abound in most plant communities. The high proportions of Sudanian and Sudano-Zambezi species in some groups indicate the stability of the environments in which these groups have been described, which gives them the advantage of conserving the original biodiversity.



Diversité de la faune sauvage mammalienne dans les agroforêts à cacaoyer de la zone de contact forêt-savane au centre de la Côte d'Ivoire

¹ Béné Jean-Claude Koffi*, ¹ Kouakou Claude-Victorien, ¹ Kpangui Kouassi Bruno, ² Vroh Bi Tra Aimé, ¹ Djaha Kouamé, ² Adou Yao Constant Yves

¹ *Unité de Formation et de Recherche d'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé ; BP 150 Daloa ; Email : jc_bene@yahoo.fr / Tel : 00225 49 27 75 31*

² *Laboratoire de Botanique, Unité de Formation et de Recherche de Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 22 BP 582 Abidjan 22*

Mots clés : Agroforêt, cacaoyer, faune, mammifère, conservation

Key words: Agroforest, cacao, wildlife, mammal, conservation

1 RÉSUMÉ

En Côte d'Ivoire, la pratique de la cacao-culture est faite par un système extensif sur brûlis, facteur de déforestation et de perte d'habitat pour la faune sauvage. Cependant, dans certaines régions du pays comme celle de Toumodi, les paysans utilisent depuis longtemps un système cultural associant les cacaoyers à des plantes et autres cultures. Si des études sont effectuées sur la composition floristique de ce système agroforestier, très peu d'information est disponible sur la faune en général et sur les Mammifères en particulier. Pour pallier ce déficit, cette étude a été menée pour identifier les espèces de mammifères qu'on peut rencontrer dans les agroforêts à cacaoyers de la région de Toumodi. Elle a consisté à mener une enquête auprès des planteurs pour avoir une idée générale sur les Mammifères existants ou ayant existé dans la région d'une part et d'autre part, à effectuer des prospections pédestres dans les plantations pour confirmer ou infirmer les informations recueillies lors de l'enquête. De ces investigations, il ressort que cette région abrite encore 14 espèces de Mammifères regroupées en 6 ordres (*Rodentia*, *Chiroptera*, *Lagomorpha*, *Artiodactyla*, *Carnivora* et *Ungulata*). Ces ordres sont représentatifs des grands ordres de Mammifères dans les zones bien conservées du pays. L'agroforesterie pourrait donc contribuer à la conservation de la faune, en particulier la faune mammalienne.

ABSTRACT

In Côte d'Ivoire, the practice of cocoa-cultivation is done by an extensive slash-and-burn system, a factor of deforestation and habitat loss for wildlife. However, in some areas of the country, such as Toumodi, peasants have longtime used a cultural system that combines cacao plants and other crops. If some studies are made on the floristic composition of this agroforestry system, very little information is available on fauna in general and on mammals in particular. To alleviate this deficit, this study was conducted to identify the mammal species that can be found in cocoa agroforests in Toumodi region. A survey was conducted among farmers to get a general idea of the mammals existing or having existed in the region on the one hand and, and, to carry out pedestrian surveys in the plantations to confirm or refute the information collected. during the interviews. From these investigations, it appears that this region still hosts 14 species of mammals grouped into 6 orders (*Rodentia*, *Chiroptera*, *Lagomorpha*, *Artiodactyla*, *Carnivora* and *Ungulata*). These orders are representative of the large orders of mammals in well-preserved areas of the country. Agroforestry could therefore contribute to the conservation of wildlife, especially mammalian fauna.



2 INTRODUCTION

Le terme biodiversité ou diversité biologique recouvre l'ensemble des formes de vie sur terre, les relations qui existent entre elles et avec leurs milieux. En effet, la variabilité au sein de la biodiversité peut s'exprimer au niveau des gènes, des espèces et des écosystèmes (Lévêque, 1994 ; Hervet, 2008 ; Jean *et al.*, 1999 ; AFD, 2013). Les forêts tropicales sont considérées comme le premier réservoir mondial de diversité biologique terrestre, aussi bien en termes d'espèces que d'écosystèmes. Elles abritent ainsi une grande majorité d'espèces animales et végétales de la planète. Selon Laugenie *et al.* (2010) l'Afrique de l'Ouest abrite une diversité faunistique et floristique exceptionnelle liée à la variabilité des écorégions. Cependant, cette richesse est sujette à plusieurs menaces d'origines naturelle et anthropique, parmi lesquelles la destruction de la forêt au profit d'une agriculture extensive. Ainsi, cette région est devenue depuis la fin du 19^e siècle le lieu privilégié d'une nouvelle forme d'agriculture. Cette agriculture de plantation concerne principalement le coton, la canne à sucre, l'arachide, le palmier à huile, la bananier, le caféier, le cacaoyer, l'hévéa, etc. (Dian, 1985 ; FMI, 2012). En Côte d'Ivoire, le développement des plantations d'exportation qui représentent 95% de la production agricole s'est fait au détriment des espaces forestiers (Dian, 1985). Parmi ces spéculations, le cacaoyer a pris un envol fulgurant depuis quelques décennies. Le système de culture de cacao qui est basée sur la culture itinérante sur brûlis a été longtemps taxé de destructeur de ressources forestières. L'abattage de la forêt avant l'installation des cacaoyers ne permet pas toujours la conservation de ressources forestières (Djézou, 2009). Cependant, des études commencent à montrer que le rôle destructeur des paysans n'est pas toujours généralisable (Colfer et Dudley, 1993 ; Fairhead et Leach, 1998 ; 2011 ; Vroh *et al.*, 2015 ; Kpangui *et al.*, 2015). En effet, l'agroforesterie, de plus en plus pratiquée par certains petits paysans, peut contribuer à la conservation de la biodiversité. C'est un mode d'exploitation des terres agricoles associant des plantations d'arbres dans des

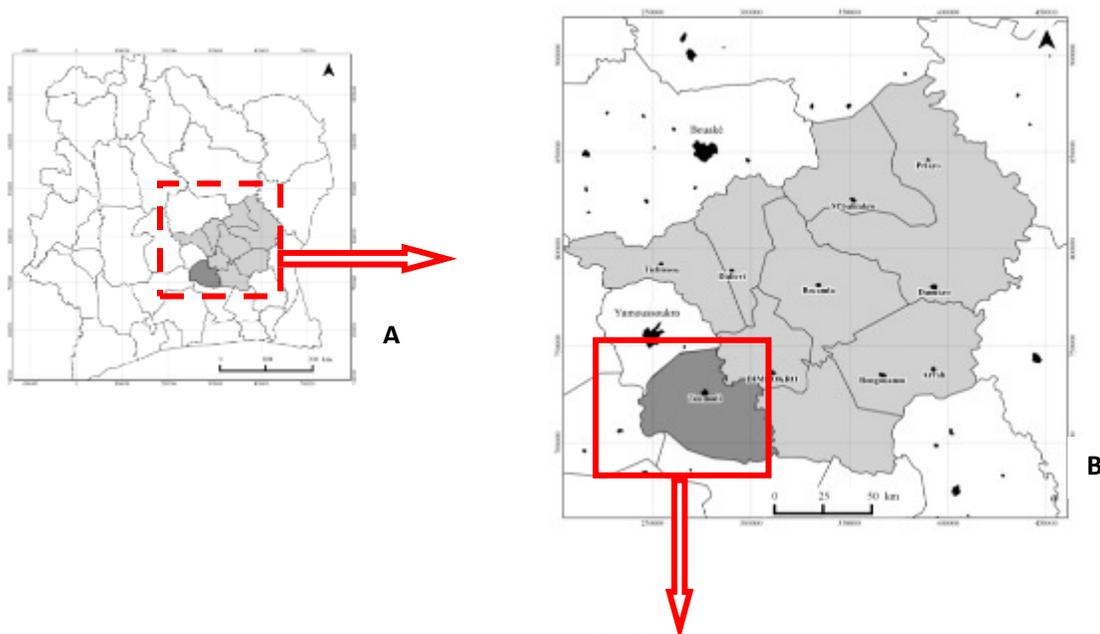
cultures ou des pâturages (CEP, 2012 ; Liagre *et al.*, 2014). Plusieurs avantages sont déjà connus de ce système de culture. Par exemple, la structure des arbres, les larges haies constituent d'excellentes zones-tampon et petits corridors biologiques. Planter des arbres dans les champs permet le retour des chauves-souris ainsi que d'autres prédateurs naturels d'espèces dites « nuisibles » participant ainsi à une diminution de la prolifération des insectes causant des dégâts aux cultures (Chinery, 1986 ; Bohac, 1999 ; Sarthou, 2006). Selon des études botaniques, les producteurs ivoiriens de cacao associent, depuis longtemps, d'autres espèces dans les plantations cacaoyères pour diverses raisons (Adou Yao, 2005, 2011, Vroh *et al.*, 2015, Kpangui *et al.*, 2015). Ces études ont d'identifié des systèmes agroforestiers très simples, clairsemés et des systèmes complexes, denses (Foresta et Michon, 1993, Kpangui *et al.*, 2015). Les systèmes simples présentent une faible diversité spécifique et sont généralement dépourvus de grands arbres. Par contre, les systèmes complexes présentent une très grande diversité spécifique et la structure verticale est très proche de celle de la forêt secondaire (Adou Yao, 2005 ; 2011, Vroh *et al.*, 2015 ; Kpangui *et al.*, 2015). Mais à ce jour, il n'existe aucune donnée sur la faune que ces systèmes agroforestiers pourraient abriter. L'objectif de cette étude est de déterminer la valeur de conservation des agroforêts cacaoyères dans la région de Toumodi-Oumé. Il s'agira, de manière spécifique de déterminer les espèces de mammifères rencontrées dans les agroforêts de la région et d'évaluer l'apport de ces pratiques culturelles dans la conservation des Mammifères.

3.2 Collecte des données : Deux villages dans la sous-préfecture de Kokoumbo sont concernés par cette étude. Il s'agit de Niamkey Konankro et de Langossou. Dans ces différentes localités, la méthode de travail a consisté d'abord en des interviews de planteurs, puis en des inventaires pédestres de la faune mammalienne dans les plantations à agroforêts cacaoyères.

3 MÉTHODES

3.1 Site d'étude : La Côte d'Ivoire couvre une superficie de 322 462 km² et compte plusieurs régions et départements. Le département de Toumodi, avec une superficie d'environ 2837 km², est situé dans la pointe Sud de la région appelée traditionnellement le V Baoulé et relève de la région administrative du bélier dont le chef-lieu est Yamoussoukro. Ce chef-lieu comprend quatre (4) sous-préfectures dont celle de Kokumbo qui est située entre les latitudes Nord 6°19'37.81" et 6°34'51.18" et les longitudes Ouest 5°19'58.35" et 5°20'02.54" (*Figure 1*). La présente étude s'est déroulée dans cette sous-préfecture. L'ensemble de la région de Kokumbo est dominé à l'est par le mont Alebouma (altitude 449 m) et à l'ouest par le mont Kokumbo (altitude 510 m) (Riou, 1966). La région se situe dans un climat équatorial de transition. C'est un climat humide, commun à la zone de forêt dense semi-

décidue (Chauveau, 1972) avec une grande saison sèche de novembre à février, une grande saison de pluie se situe de mars à juillet, une petite saison sèche en août et une petite saison des pluies de septembre à octobre (Miège, 1951). Les précipitations atteignent une moyenne de 1092 mm par an. La valeur moyenne des températures est d'environ 27°C. La sous-préfecture de Kokumbo appartient au secteur mésophile du domaine guinéen. La forêt occupe une majeure partie des plateaux et leurs flancs. Les bas versants des collines sont couverts de végétation herbacée. Les lits de marigots sont dominés par la présence d'une forêt galerie (Boulangé, 1973). Située dans la frange ouest de la forêt semi-décidue, cette sous-préfecture a une savane densément boisée et les îlots forestiers y sont fréquents. Cette région se situe dans une zone de transition dont l'aspect du paysage est celui d'une mosaïque forêt-savane.



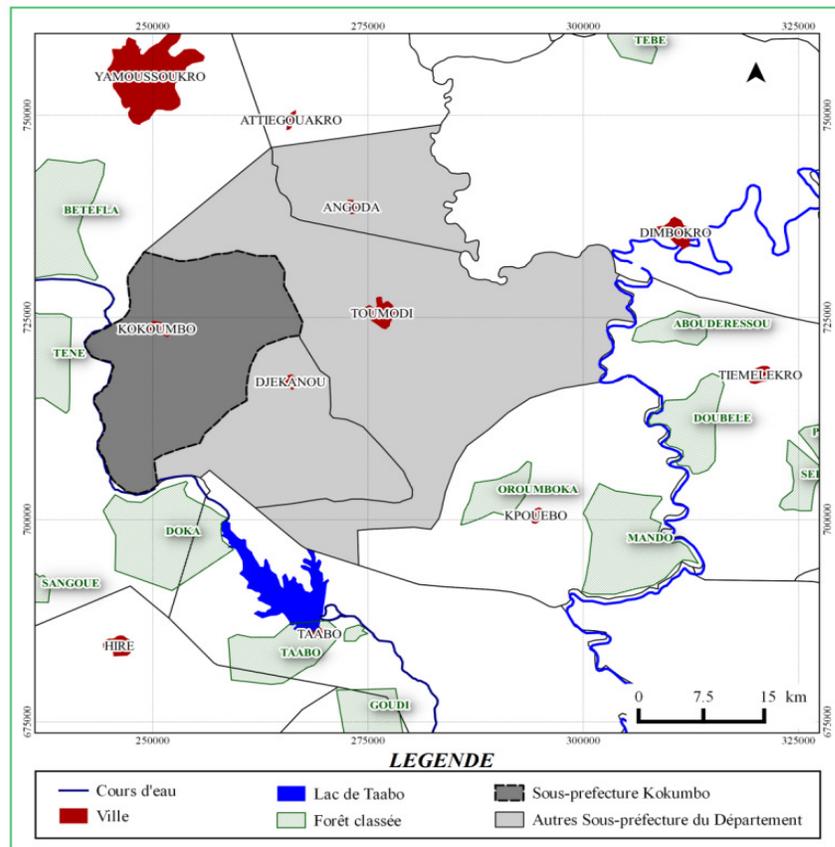


Figure 1: Présentation de la zone d'étude (Source : Kpangui et al., 2015)

3.3 Enquêtes : Les investigations ont été menées auprès des planteurs qui possèdent au moins une plantation de cacaoyers sous forme d'agroforêt. Un questionnaire leur a été adressé pour se renseigner sur la plantation et avoir des informations sur quelques caractéristiques (l'âge, la superficie, la présence et le nom des arbres, la raison de la présence des arbres...). Ce questionnaire a aussi permis de comprendre les perceptions des populations sur les Mammifères de la région (la comparaison en termes d'effectif avant et maintenant, le nom des animaux existant avant et maintenant, la cause de la réduction éventuelle des effectifs, le nom de ceux qu'on trouve encore dans les plantations).

3.4 Prospections pédestres : Après les enquêtes, des prospections ont été organisées

dans les plantations pour confirmer ou infirmer les informations recueillies auprès des paysans. Pour ces prospections pédestres, l'on s'est appuyé sur les systèmes agroforestiers identifiés dans les travaux de Kpangui et al. (2015) sur la même zone en nous focalisant sur trois critères. Le premier concerne la densité et le recouvrement des espèces associées qui permettent de retenir deux grands types : Simple et complexe (**Figures 2 et 3**). Le second critère est lié à l'âge des plantations. L'on a ainsi défini les plantations jeunes dont l'âge est inférieur ou égal à ≤ 20 ans et vieilles dont l'âge est supérieur à vingt ans (> 20 ans). Enfin, le dernier critère est le niveau d'entretien des plantations que l'on classe en deux catégories : nettoyé et non nettoyé.



Figure 2 : *Aperçu d'une agroforêt simple (Photo : Kpangui K.B)*



Figure 3 : *Aperçu d'une agroforêt complexe (Photo : Kpangui K.B)*

Sur la base de ces critères, les champs ont été parcourus suivant un gradient longitudinal. Des layons parallèles sont faits à travers tout le champ dans le but de rechercher d'éventuels indices de présence de mammifères. Lorsqu'un indice est rencontré, nous marquons l'heure, la nature de l'indice, le nombre, identifions l'espèce lorsque cela est possible et relevons les coordonnées géographiques.

3.5 Analyse des données : L'identification des espèces est basée sur notre propre connaissance de la faune de la région et aussi en nous référant au guide de Mammifères d'Afrique de Kingdon (1997). Nous avons calculé les fréquences spécifiques de rencontre des indices en

fonction des différents types d'habitats constitués par les systèmes agroforestiers. Pour évaluer le statut de conservation, nous avons utilisé la liste rouge de l'UICN (2016) des espèces menacées avec les différentes catégories de classification. Pour établir une relation entre les différentes espèces rencontrées avec les différentes caractéristiques des plantations cacaoyères, une Analyse Factorielle Multiple (AFM) couplée à une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été effectuée (Kpangui *et al.*, 2015). Ce couplage permet de regrouper les espèces selon les caractéristiques du milieu (Bécue-Bertaut et Pagès, 2007). Pour vérifier l'homogénéité des groupes, des tests de Khi-deux ont été effectués distinguer

les variables les plus discriminantes de chacun des groupes identifiés.

4 RÉSULTATS

4.1 Caractéristiques des plantations : Les prospections ont été effectuées dans 31 plantations cacaoyères qui se répartissent entre 17 agroforêts complexes (AFC) et 14 simples (AFS). Lorsqu'on considère l'âge des différentes plantations, deux catégories sont retenues dans cette étude. Ainsi, ce sont 17 plantations jeunes (≤ 20 ans) contre 14 vieilles (> 20 ans) qui ont été inventoriées. Concernant leur niveau d'entretien, 22 plantations ont fait l'objet de sarclage (nettoyé). Seul 9 plantations n'avaient pas encore été nettoyées lors de la période de l'étude.

4.2 Richesse spécifiques des Mammifères des agroforêts : Au cours de cette étude, quatorze espèces de mammifères ont été identifiées à travers les enquêtes auprès des populations. Les prospections pédestres dans les plantations ont permis de confirmer 12 de ces espèces. En effet, l'analyse des indices de présence recensés (N=908) dans les plantations a permis d'identifier douze (12) espèces de Mammifères appartenant à six Ordres : *Rodentia*, *Chiroptera*, *Lagomorpha*, *Artiodactyla*, *Carnivora* et *Ungulata*. L'ordre des *Rodentia* (94,05%), est de loin le plus

rencontré dans ces agroforêts suivi de celui des *Artiodactyla* (3,19%). Ensuite viennent les ordres des *Carnivora* (1,76%), des *Chiroptera* (0,55%), des *Ungulata* (0,33%) et des *Lagomorpha* (0,11) dont les indices de présence sont rarement aperçus dans ces agroforêts. Sur le plan spécifique, *Protoxerus stangeri* est l'espèce la plus fréquente (68,61%) suivie de *Thryonomys swinderianus* (14,21%), *Cricetomys gambianus* (6,50%), *Euxerus erythropus* (3,41%) et *Tragelaphus scriptus* (3,08%). Quant à *Crossarchus obscurus* (1,43%) et *Atherurus africanus* (1,32%), leurs fréquences de rencontre sont relativement faibles. Les autres espèces sont très faiblement représentées dans ces agroforêts. Il s'agit des espèces telles que *Hypsignathus monstrosus*, *Dendrohyrax dorsalis*, *Civettictis civetta*, *Cephalophus maxwelli* et *Lepus saxatilis*. Il faut noter que *Lepus saxatilis* et *Hypsignathus monstrosus* sont issues uniquement d'observations directes alors que *Protoxerus stangeri* est d'observations directes et indirectes. Les autres espèces mentionnées sont uniquement d'observations indirectes (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Liste des espèces mammaliennes rencontrées dans les agroforêts

Ordre	Nom commun	Nom scientifique	Nombre d'observation	Type d'observation	Abondance relative
Rodentia	Aulacode	<i>Thryonomys swinderianus</i>	129	indirect	14,21
	Athérure africain	<i>Atherurus africanus africanus</i>	12	indirect	1,32
	Rat géant de Gambie	<i>Cricetomys gambianus</i>	59	indirect	6,50
	Ecureuil fouisseur	<i>Euxerus erythropus</i>	31	indirect	3,41
	Ecureuil géant de Stanger	<i>Protoxerus stangeri</i>	623	direct/ indirect	68,61
Carnivor	Mangue brune	<i>Crossarchus obscurus</i>	13	indirect	1,43
	Civettes d'Afrique	<i>Civettictis civetta</i>	3	indirect	0,33



a					
Chiroptera	Chauve-souris	<i>Hypsignathus monstrosus</i>	5	direct	0,55
Lagomorpha	Lièvre	<i>Lepus saxatilis</i>	1	direct	0,11
Artiodactyla	Céphalophe de Maxwell	<i>Cephalophus maxwelli</i>	1	indirect	0,11
	Guib harnaché	<i>Tragelaphus scriptus</i>	28	indirect	3,08
Ungulata	Daman d'arbre	<i>Dendrohyrax dorsalis</i>	3	indirect	0,33

4.3 Diversité de la faune selon les habitats : Dans les différentes plantations visitées, la richesse moyenne générale est de 2,19 espèces. Les Agroforêts complexes enregistrent une richesse moyenne plus élevée (2,59) que celles des Agroforêts simples (1,19) bien que cette différence ne soit statistiquement significative ($W = 153,5$ et $p\text{-value} = 0.1581$). En prenant en compte l'abondance des individus, les indices

calculés donnent des tendances similaires à ceux de la richesse. Pour l'indice de shannon, la valeur globale est de 0,34 variant entre 0,24 dans les agroforêts simples (AFS) et 0,44 pour les complexes (AFC). L'indice d'équitabilité est faible. Il est de 0,28 pour les AFS contre 0,38 pour les AFC. Aucune différence significative n'a été observée entre ces valeurs moyennes (**Tableau 2**).

Tableau 2. Valeurs de différents indices et richesse spécifique des types d'agroforêts

Type	Type d'agroforêt	Indice de Shannon	Equitabilité	Richesse
Agroforêt complexe	AFC	0,44	0,38	2,59
Agroforêt simple	AFS	0,24	0,28	1,79
Total moyenne		0,34	0,33	2,19
		$W = 153,$ $p\text{-value} = 0.1736$	$W = 144.5,$ $p\text{-value} = 0.3098$	$W = 153.5,$ $p\text{-value} = 0.1581$

4.4 Statut de conservation des Mammifères des agroforêts : Selon les personnes enquêtées, certaines espèces sont très fréquentes dans la région tandis que d'autres ne se rencontrent pratiquement plus. Ainsi, parmi les plus abondantes rencontrées nous avons *Protoxerus stangeri* (27,28%) suivie de *Cricetomys gambianus* (20,20%). Ensuite, nous avons les espèces peu abondantes comme *Thryonomys swinderianus* (14,14%), *Atherurus africanus africanus* et *Tragelaphus scriptus* (10,10%). Des espèces telles que *Lepus saxatilis* (7,07%) ont été très peu citées. Enfin un groupe d'espèces a été très rarement cité. Il s'agit de *Dendrohyrax dorsalis* (2,02%), *Anomalurus beecrofti* (2,02%), *Euxerus erythropus*

(2,02%), *Cephalophus maxwelli* (1,01%), *Civettictis civetta* (1,01%), *Crossarchus obscurus* (1,01%), et *Hypsignathus monstrosus* (1,01%) (**Tableau 3**). Selon la liste rouge de l'UICN (2017), aucune espèce n'est inscrite sur la liste rouge des espèces en danger. Toutes les espèces identifiées par nos observations directes ou indirectes sont à préoccupations mineures. En effet, *Thryonomys swinderianus*, *Atherurus africanus africanus*, *Cricetomys gambianus*, *Protoxerus stangeri*, *Anomalurus beecrofti*, *Hypsignathus monstrosus*, *Crossarchus obscurus*, *Hypsignathus monstrosus*, *Lepus saxatilis*, *Cephalophus maxwelli*, *Tragelaphus scriptus*, et *Dendrohyrax dorsalis* sont classées dans la catégorie des préoccupations mineures (LC), *Euxerus erythropus* et *Civettictis civetta*



sont classées dans deux catégories qui sont à (LR/lc) (Tableau 3). préoccupations mineures et risques faibles

Tableau 3 : Statut de conservation des mammifères inventoriés dans les agroforêts

Ordre	Nom commun	Nom scientifique	Fréquence	Statut local	Statut UICN
Rodentia	Aulacode	<i>Thryonomys swinderianus</i>	14,14	++	LC
	Athérure africain	<i>Atherurus africanus africanus</i>	10,1	++	LC
	Rat géant de Gambie	<i>Cricetomys gambianus</i>	20,2	+++	LC
	Ecureuil fouisseur	<i>Euxerus erythropus</i>	2,02	-	LR/lc
	Ecureuil volant	<i>Anomalurus beecrofti</i>	1,01	-	LC
	Ecureuil géant de Stanger	<i>Protoxerus stangeri</i>	27,28	+++	LC
Lagomorpha	Lièvre	<i>Lepus saxatilis</i>	7,07	+	LC
Carnivora	Mangue brune	<i>Crossarchus obscurus</i>	1,01	-	LC
	Civette d'Afrique	<i>Civettictis civetta</i>	1,01	-	LR/lc
Chiroptera	Chauvesouris	<i>Hypsignathus monstrosus</i>	1,01	-	LC
Artiodactyla	Guib harnaché	<i>Tragelaphus scriptus</i>	10,1	++	LC
	Biche royale	<i>Neotragus pygmaeus</i>	2,02	-	LC
	Céphalophe de Maxwell	<i>Cephalophus maxwelli</i>	1,01	-	LC
Ungulata	Daman d'arbre	<i>Dendrohyrax dorsalis</i>	2,02	-	LC

Espèces très abondantes (+++), espèces peu abondantes (++), espèces très peu abondantes (+), espèces très rares (-). Préoccupation mineure (LC), Risque faible (LR), Préoccupation mineure et Risque faible (LC/lc)

4.5 Caractérisation des habitats préférentiels des Mammifères dans les agroforêts : Les deux premiers axes de l'AFM restituent 43,38 % de la variance des relations entre l'abondance de la faune et les caractéristiques des plantations cacaoyères. L'axe 1 oppose deux grandes catégories des plantations. Il s'agit dans le plan positif des Agroforêts complexes, les plantations jeunes et non nettoyées. Elles se caractérisent par une forte abondance d'Aulacode, de Guib, de Rat palmiste (écureuil fouisseur), de Mangouste, de Rat de Gambie et de Porc épique (athérure africain). Le plan négatif rassemble les Agroforêts simples

(AFS), vieilles et nettoyées. Les espèces les plus corrélées à cet axe sont : la chauve-souris, l'écureuil géant de Stanger, la civette et le lièvre. L'axe 2 oppose quant à lui des Agroforêts complexes vieilles et non nettoyées à des agroforêts simples jeunes et nettoyés (Figure 4). La classification ascendance hiérarchique (CAH) appliquée aux 3 premiers axes issues de l'AFM a permis de distinguer trois groupes d'espèces animales suivant les habitats (Figure 5). Des variables utilisées, seule « âge des plantations » ne varie pas significativement d'un groupe à l'autre (Tableau 4).

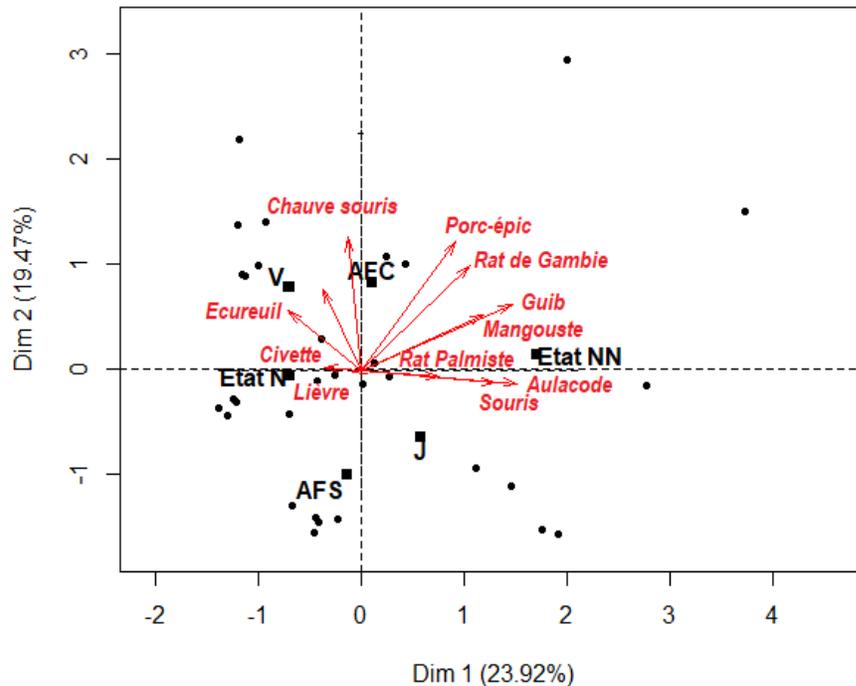


Figure 4 : Répartition des mammifères en fonction des caractéristiques des agroforêts

Le premier groupe rassemble six (06) espèces de mammifères que l'on rencontre préférentiellement dans les agroforêts simples (71,42%) et nettoyées (45,45%). Il s'agit principalement de l'écureuil géant de Stanger (88,7%), l'aulacode (5,7%) et le rat géant de Gambie (2,60%). Le rat palmiste (1,5%), la civette (05%) et le guib harnaché (1%) s'y rencontrent occasionnellement. Le deuxième groupe quant à lui est constitué de onze (11) espèces de mammifères rencontrées principalement dans les agroforêts complexes

(82,35%). Dans cette catégorie l'on rencontre aussi majoritairement l'écureuil géant (84,5%), l'aulacode (5,9%) et le rat géant de Gambie (2,9%). Le troisième groupe est représenté par neuf (09) espèces que l'on rencontre principalement dans les plantations nettoyées (77,77%) peu importe le type d'agroforêt. Dans cette catégorie, les espèces caractéristiques sont constituées principalement d'aulacode (29,6%), de rat palmiste (10,2 %), de Guib harnaché (7,8 %) et le rat géant de Gambie (5,8%).

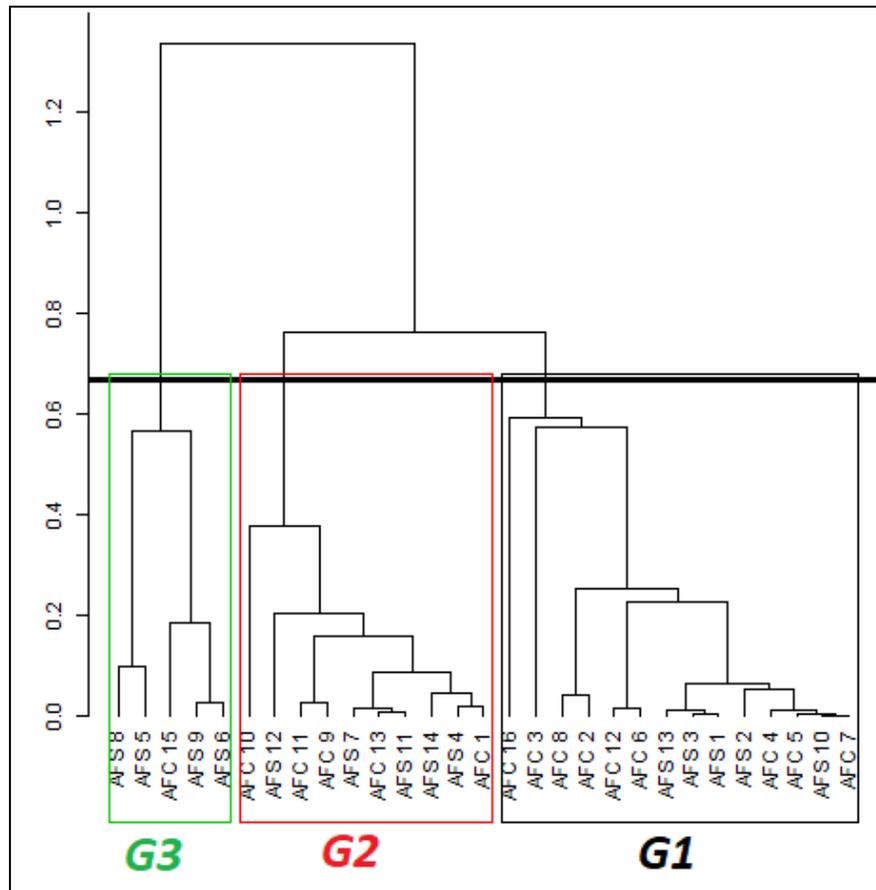


Figure 5 : Dendrogramme des similitudes selon les abondances relatives des espèces de mammifères

Tableau IV : Abondances relatives des espèces de mammifères selon les milieux

Groupe 1	Nbre. obs.	Fréq. %	Groupe 2	Nbre. obs.	Fréq. %	Groupe 3	Nbre. obs.	Fréq. %
Civette	1	0,52	Civette	1	0,42	Chauvesouris	1	0,49
Guib	2	1,03	Porc épic	1	0,42	Mangouste	1	0,49
E. fouisseur	3	1,55	Lièvre	1	0,42	Porc épic	2	0,97
Rat géant	5	2,58	E. fouisseur	2	0,84	Souris	2	0,97
Aulacode	11	5,67	Souris	2	0,84	Rat géant	12	5,83
Ecureuil	172	88,66	Guib	3	1,26	Guib	16	7,77
			Chauvesouris	3	1,26	E. fouisseur	21	10,19
			Daman d'arbre	3	1,26	Aulacode	61	29,61
			Rat géant	7	2,93	Ecureuil	90	43,69
			Aulacode	14	5,86			
			Ecureuil	202	84,52			

5 DISCUSSION



Les prospections ont été effectuées dans 31 plantations cacaoyères agroforêts complexes et simples. Ces agroforêts ont été classées en plantations jeunes (≤ 20 ans) et en plantations vieilles lorsque l'âge était supérieur à 20 ans. La pratique de ce système de culture serait due aux variétés de cacao choisies pour le verger, tel qu'affirment Gastellu (1980) et Ruf et Cötz (2004). Selon ces auteurs, la variété « Français » affectionne bien l'ombrage. Une autre raison serait la nécessité de l'humidité pour les jeunes plants de cacao. Cette raison a été mentionnée également par Kpangui *et al.* (2015) lors de ses travaux sur la typologie des systèmes de production à base de cacao dans la région de Toumodi. D'autres raisons d'ordre économique et culturel pourraient justifier la mise place de ce système de culture (Ndoye et Ruiz-Perez, 1999 ; FAO, 2001 ; Sonwa *et al.*, 2000). Les systèmes diffèrent les uns des autres selon les espèces végétales associées et leur densité. Deux grands types d'agroforêts ont été reconnus dans cette étude (agroforêts complexes et simples), tandis que Torquebiau (2007) en décrivait cinq avec leurs subdivisions, ainsi que leur structure arborée et la diversité des espèces végétales associées offrant une large gamme d'habitats pour la faune et la flore sauvages. Ces deux types ont aussi été identifiés par Adou Yao et N'Guessan (2006) lors de leurs études dans la forêt classée de Monogaga. Les systèmes abondants en mésophanéophytes sont des systèmes agroforêts complexes et ceux qui sont abondants en bananiers et en microphanéophytes sont systèmes agroforêts simples.

Ces systèmes agroforestiers tropicaux, utilisés depuis des siècles par certaines communautés paysannes (Deheuvels, 2011), sont depuis les années 1970 largement mis en avant par la communauté scientifique en tant que stratégies de gestion des ressources naturelles qui tentent de compenser des objectifs de développement agricole par la conservation des sols, des eaux, du climat local et régional et, plus récemment, de la biodiversité (Guiracocha *et al.*, 2001 ; Schroth *et al.*, 2004 ; Torquebiau, 2007 ; Schroth et Harvey, 2007). En effet, la structure de la végétation des systèmes agroforestiers, et en particulier celle des

agroforêts complexes, mime celle d'habitats forestiers naturels (Torquebiau, 2007 ; Clough *et al.*, 2011) et confère à ces systèmes de culture tropicaux un fort potentiel de conservation de la biodiversité (Bhagwat *et al.*, 2008). Comme certaines publications semblent le montrer (Soto-Pinto *et al.*, 2000 ; Steffan et Dewenter, 2007 ; Clough *et al.*, 2011), l'agroforesterie offrirait des compromis acceptables pour l'intensification écologique dans les zones de production agricole tropicales au contact avec des écosystèmes naturels forestiers. En outre, il a été suggéré que les systèmes agroforestiers puissent atténuer la pression de l'utilisation des ressources sur les aires protégées, améliorer les habitats pour certaines espèces sauvages et augmenter la connectivité des composants du paysage (McNeely et Schroth, 2006).

Les différents travaux menés ont souligné les relations excitantes entre les types de systèmes de productions cacaoyères et la faune mammalienne inféodée. En effet, l'on a pu observer une plus grande diversité de la faune mammalienne dans les systèmes agroforestiers complexes comparativement au système simple. Au cours de cette étude quatorze espèces de mammifères ont été identifiées à travers les enquêtes auprès des populations. Ces espèces sont regroupées en six (6) ordres qui sont cependant représentatifs de la plupart des grands ordres de Mammifères qu'on peut rencontrer dans les zones bien conservées comme la forêt de Taï. Les prospections pédestres dans les plantations ont permis de confirmer 12 de ces espèces. La Réserve de faune d'Abokouamékro, relativement proche et avec pratiquement les mêmes caractéristiques physiques et biologiques, abritait déjà, selon Laugenie (2007), quelques espèces de faune avant le projet de réintroduction d'autres espèces animales. Cette faune est à l'image du reste du milieu rural environnant. En effet, selon cet auteur, le kob de buffon se faisait rare dans cette réserve, mais quelques espèces y étaient beaucoup mieux représentées. Il s'agit, pour ce qui concerne les mammifères, du callitriche *Cercopithecus aethiops sabaenus*, du patas *Erythrocebus patas patas* pour les primates, du guib harnaché *Tragelaphus scriptus*, du céphalophe à flanc roux *Cephalophus rufilatus*, du



céphalophe de Maxwell *C. maxwelli* chez les ongulés. Dans les autres ordres ou classes on pouvait avoir, le Daman d'arbre *Dendrohyrax dorsalis*, plusieurs rongeurs dont l'aulacode *Trynomys swinderianus*, ainsi que divers pangolins et mangoustes (Laugenie, 2007). Cependant, des indices de présence de primates n'ont pas été observés, au cours de notre étude.

En comparant nos résultats à ceux de Laugenie, on se rend compte que les kobs et les singes par exemples ont disparus de la région d'étude, même si aucune de ces espèces inventoriées au cours de notre étude n'est à souci de conservation (UICN, 2016). La déforestation en faveur des plantations de cacaoyers serait, en grande partie la cause de cette disparition (Campion *et al.*, 2006, Bitty *et al.*, 2015). En effet, la réduction et la fragmentation des habitats sont souvent une cause majeure de leur raréfaction dans les paysages agricoles. Les vertébrés apparaissent comme de bons indicateurs écologiques du phénomène de banalisation ou d'homogénéisation biotique des communautés qui se traduit par la disparition d'espèces dites spécialistes au profit d'espèces généralistes mieux adaptées aux perturbations et aux changements d'usage des terres (Groppalli, 1993). Cependant, bien que les récentes préoccupations à propos de l'érosion de la biodiversité se focalisent principalement sur la transformation et la destruction d'habitats naturels, de nombreux paysages gérés par l'homme contiennent une

diversité spécifique comparable à celle de nombreux écosystèmes naturels (Altieri, 1999 ; Tucker, 1997). Il est donc évident que toute réflexion portant sur la biodiversité se doit d'intégrer non seulement les espaces naturels, mais aussi ceux qui sont gérés par l'homme (Tschardtke *et al.*, 2005). Surtout que pour satisfaire aux besoins humanitaires dus à la croissance démographique mondiale, il faut accroître la production agricole, soit par l'augmentation des surfaces cultivées, soit par la hausse des rendements (Tilman *et al.*, 2002 ; Balmford *et al.*, 2005 ; Matson and Vitousek, 2006 ; Fischer *et al.*, 2008 ; Ewers *et al.*, 2009 ; Clough *et al.*, 2011 ; Phalan *et al.*, 2011). Dans le premier cas, ce sont les zones naturelles, espaces vierges et fertiles, constituant souvent l'habitat de la faune sauvage qui sont généralement choisies pour installer des cultures (Ruf, 1995 ; Ducourtieux, 2005 ; Waters, 2007). Le meilleur exemple en est la disparition rapide de la forêt ivoirienne, passant d'environ 16 millions d'hectares dans les années 1960 à environ trois (03) millions d'hectares de nos jours. Cette disparition d'écosystèmes naturels entraîne inexorablement une perte de diversité des espèces sauvages (World Wildlife Fund, 2006). Les forêts se réduisant sous la pression des plantations, les animaux vont donc étendre leur territoire dans les plantations pour le prélèvement de nourriture.

6 CONCLUSION

Il ressort de notre étude que les agroforêts à cacaoyers de la région de Toumodi renferment six (6) ordres Mammifères avec une diversité spécifique faible (14 espèces). Même si les plantations d'étude en termes d'espèces sont faibles, ces agroforêts à cacaoyers regorgent une faune mammalienne représentative de la plupart

des grands ordres de Mammifères du pays. Si ce système de culture est encouragé et développé, il sera d'un apport non négligeable dans la lutte contre la dégradation de la biodiversité et particulièrement de la faune de Mammifères.

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adou YCY : 2005. Pratiques paysannes et dynamiques de la biodiversité dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Département Hommes Natures Sociétés, MNHN, Paris, 2005, 238 p.

Adou YCY & Kouakou NE : 2006. Diversité floristique spontanée des plantations de café et de cacao dans la forêt classée de Monogaga, Côte d'Ivoire. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 2 : 31-36.



- AFD (Agence Française de Développement) : 2013-2016. Biodiversité, *cadre d'invention transversal*. 45 p.
- Altieri MA: 2005. 'The ecological role of biodiversity in agroecosystems', Agriculture, Chinery M : 1986. Insectes de France et d'Europe occidentale. Ed. Arthaud, 320 p.
- Balmford A., Green RE., Scharlemann JPW : 2005. Sparing land for Nature: exploring the potential impacts of changes in agricultural yield on the area needed for crop production. *Glob. Change. Biol.*, 11: 1594-1605.
- Bhagwat SA, Willis KJ, Birks HJB, Whittaker RJ: 2008. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? *Trends Ecol Evol.*, 23: 261-267.
- Bitty AE, Gonedélé Bi SB, Béné J-CK, Kouassi P et McGraw WS: 2015. Cocoa farming and primate extirpation inside Cote d'Ivoire's protected areas. *Tropical Conservation Science*, 8 (1) 95 -113.
- Bohac J : 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environments*, 74 : 357-372.
- Boulangé B : 1973. Carte des niveaux cuirassés de la région des monts kokumbo et Alebouma (Côte d'Ivoire) Cahier ORSTOM ; 16 p.
- Campion PY, Chalon B, Chhor M, Conte C et Coulangeat F : 2006. La déforestation en Amazonie, Ecole Normale Supérieure des Mines des Saint Etienne (France), 33p.
- CEP (Centre d'Etudes et de Prospective) : 2012. L'agroforesterie en France : intérêts et enjeux, n° 37, 12p.
- Chauveau JP : 1972. Les cadres socio-historiques de la production dans la région de Kokumbo (pays baoulé, Côte d'Ivoire) Cahier ORSTOM : *sciences humaines*. Volume V n°7, 143 p.
- Clough Y, Barkmann J, Jührbandt J, Kessler M, Cherico WT, Anshary A, Buchori D, Cicuzza D, Darras K, Dwi putra D, Erasmi S, Pitopang R, Schmidt C, Schulze CH, Seidel D, Steffan dewenter I, Stanchly K, Vidal S, Weist M, Wielgoss AC and Tschardt T: 2011. Combining high biodiversity with high yields in tropical agroforests. *PNAS*, 108(20) : 8311-8316.
- Colfer C et Dudley R : 1993. Les cultivateurs itinérants d'Indonésie : glaneurs ou gestionnaires de la forêt ? Production de riz et utilisation de la forêt chez les Uma?Jalan du Kalimantan oriental. Études de cas de foresterie communautaire de la FAO, n°6, 119 p.
- Deheuvels O, Sot quiroga G, Decker franco M, Bravo medina J-C, Cerda bustillos RH, Rousseau GX, Say chavez ER, Orozco aguilar L, Astorga C, Villalobos M and Somarriba E: 2011. Tropical forests and agroforestry systems based on the cultivation of cocoa (*Theobroma cocoa*): what role for the conservation of bio diversity? In: VII Forestry Congress Central American, June 29 July 30, 2011, Managua, Nicaragua.
- Dian B : 1985. L'économie de plantation en Côte d'Ivoire forestière, les nouvelles éditions africaines, Abidjan, 458p.
- Djezou K : 2009. Evaluation de l'impact de la cacaoculture sur la flore et la végétation en zone de foret semi-décidue : cas du département d'Oumé, Thèse de doctorat, Université de Cocody-Abidjan, 145 p
- Ducourtieux O : 2006. Agriculture d'abattis-brûlis et élimination de la pauvreté : un problème complexe. Rapport projet de thèse, 28p.
- Ewers RM, Scharlemann JPW, Balmford A and Green RE: 2009. Do increases in agricultural yield spare land for Nature? *Glob. Change. Biol.*, 15: 1716-1726.
- Fairhead J & Leach M: 1998. Reframing deforestation. Global analyse and local realities : studies in West Africa. Routledge, London. 233pp.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) : 2001. Les produits forestiers non ligneux comestibles, utilisés dans les pays africains francophones. FAO-Wood News, n° 8, 17p.



- Fischer J, Berry B, Gretchen CD, Paul RE, Rebecca G, Joshua G, David BL, Adrian DM, Harold AM, Liba P, Jai R and Heather T: 2008. Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife friendly farming? *Front. Ecol. Environ.*, 6 (7): 380-385.
- FMI (Fonds Monétaire International): 2012. Côte d'Ivoire: plan national de développement. Rapport du FMI n° 13/172, 59p.
- Foresta H et Michon G: 1993. Creation and management of rural agroforests in Indonesia: Poentiel applications in Africa, 709-724.
- Gastellu J-M: 1980. Les plantations de cacao au Ghana. Cal. O.R.S.T.O.M., *Fr. Sci. Hum.*, Vol. XVIII, no 2 : 225-251, 30p.
- Groppalli R: 1993. Breeding birds in traditional tree rows and Hedges in the central Po Valley (Province of Cremona, Northern Italy). *Landscape Ecology and Agroecosystems*, 153-158.
- Guiracocha G, Harvey C, Somarriba E, Krauss U and Carrillo E : 2001. Conservacion de la Biodiversidad en Sistemas Agroforestales con Cacao y Banano en Talamanca, Costa Rica. *Agroforesteria en las Americas* (8) 30: 7-11.
- Hervet LG : 2008. La biodiversité : un concept flou ou une réalité scientifique ? *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°55 février 2008, 33 p.
- Jean D, Henri D et Roland D : 1999. La biodiversité, *Livret sur l'environnement*, 235p.
- Kpangui KB : 2015. Dynamique, diversité végétale et valeurs écologiques des agroforêts à base de cacaoyers de la Sous-préfecture de Kokumbo (Centre de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Thèse, Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan, 214pp.
- Lauginie F : 2007. Conservation de la nature et aires protégées en Côte d'Ivoire. NEI et Afrique Nature, Abidjan, 668 pp.
- Leveque C : 1994. Environnement et diversité du vivant. Collection Explora ; 127 p.
- Liagre FG, Roussel B, Cau E, Lefebvre M, Marziniac H, Louis A et Courtin P.M : 2014. Compte-Rendu de la Table Ronde sur l'Agroforesterie à l'ISA de Lille Un « Plus » pour la région Nord Pas-de-Calais ? 20 février 2014 ; 8p.
- Matson PA and Vitousek PM: 2006. Agricultural intensification: will land spared from farming be land spared for Nature? *Conserv. Biol.*, 20: 709-710.
- McNeely JA and Schroth G: 2006. Agroforestry and biodiversity conservation – traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodivers. Conserv.* 15, 549–554
- Miège J : 1951. L'agriculture baoulé, conférence internationale des africanistes de l'ouest, 1950, comptes rendus, Dakar, IFAN, tome II, 47-59.
- Ndoye O et Ruiz-Perez M : 1999. Commerce transfrontalier et intégration régionale en Afrique centrale: Cas des produits forestiers non ligneux. *Bulletin, Arbres, Forêts et Communautés rurales* n°17 : 4-12.
- Phalan B, Balmford A, Green RE, Scharlemann JPW: 2011. Minimising harm to biodiversity of producing more food globally. *Food Policy*, 36: 62-71.
- Riou G : 1966. Les sols en pays Baoulé. Utilisations. Possibilité de mise en valeur. T. 1, 2, 3. Thèse 3è cycle. Strasbourg, 177 p.
- Ruf F : 1995. Booms et crises du cacao. Les vertiges de l'or brun. Ed. Karthala, 464 pp.
- Ruf F and Schroth G: 2004. Chocolate forests and Monocultures : A Historical Review of cacao growing and Its Conflicting role in tropical Deforestation and Forest Conservation. In schroth G, da Fonseca G A. B., Harvey C A., Gascon C, Vasconcelos H L.& Izac A-M N. *Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes*. Island press, 1718 Connecticut Avenue, N.W., Suite 300, Washington, DC ; 107-134.
- Sarthou JP : 2006. Dossier : la biodiversité dans tous ces états. *Alter Agri* n°76, 4-14.



- Schroth G and Harvey CA: 2007. Biodiversity conservation in cocoa production landscapes: naoverview. *Biodivers. Conserv.*, 16(8): 2237–2244.
- Schroth G, Fonseca da GAB, Harvey CA, Gascon C, Vasconcelos HL, and Izac AMN: 2004. Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. Ed. Island Press, Washington. 525 p.
- Sonwa DJ, Weise SF, Tchatat M, Nkongmeneck AB, Adesina A, Ndoye O & Gockowski J: 2000. Les agroforêts cacao : espace intégrant développement de la cacao-culture, gestion et conservation des ressources forestières au Sud-Cameroun. Paper presented at *the second Pan African Symposium on The sustainable use of Natural resources in Africa*. Ouagadougou, Burkina Faso July 2000, 24-27.
- Soto-pinto L, Perfecto I, Castillo-hernandez J, Caballero-nieto J: 2000. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, Mexico. *Agric Ecosyst Environ.* 80 :61–69. doi :10.1016/S0167-8809 (00)00134-1
- Steffan-dewenter I, Kessler M, Barkmann J, Bos MM, Buchori D, Erasmi S, Faust H, Gerold G, Glenk K, Gradstein SR, Guhardja E, Harteveld M, Hertel D, Hohn P, Kappas M, Kohler S, Leuschner C, Maertens M, Marggraf R, Migge kleian S, Moge J, Pitopang R, Schaefer M, Schwarze S, Sporn SG, Steingrebe A, Tjitrosoedirdjo SS, Tjitrosoemito S, Twele A, Weber R, Woltmann L, Zeller M, Tschardt T: 2007. Tradeoffs between income, biodiversity, and ecosystem functioning during tropical rainforest conversion and agroforestry intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 4973–4978.
- Tilman D, Cassman KG, Matson PA, Naylor R and Polasky S: 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418 : 671–677.
- Torquebiau E: 1999. L'Agroforesterie. Des arbres et des champs. Eds. L'Harmattan. (2007) *Ecosystems and environment*, vol. 74: 19-31.
- Tscharntke T, Clough Y and Kruess A: 2005. Organic versus conventional arable farming systems: Functional grouping helps understand staphylinid response. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 118: 285-290.
- Tucker V: 1997. Empire's Nature: MarkCatesby's New World Vision. *Journal of Garden History*, 259-260.
- UICN: 2016. Liste rouge l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature www.iucn.org
- Waters T: 2007. Life Beneath the Level of the Marketplace. In *The Persistence of Subsistence Agriculture*; Éditeur : Lexington Books, 104 pp.
- WWF (World Wildlife Fund) : 2006. New WWF Report Details Global Impact on Natural Resources October 23, 2006. <https://www.worldwildlife.org/press-releases/new-wwf-report-details-global-impact-on-natural-resources>



Diversité de la faune sauvage mammalienne dans les agroforêts à cacaoyer de la zone de contact forêt-savane au centre de la Côte d'Ivoire

¹ Béné Jean-Claude Koffi*, ¹ Kouakou Claude-Victorien, ¹ Kpangui Kouassi Bruno, ² Vroh Bi Tra Aimé, ¹ Djaha Kouamé, ² Adou Yao Constant Yves

¹ Unité de Formation et de Recherche d'Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé ; BP 150 Daloa ; Email : jc_bene@yahoo.fr / Tel : 00225 49 27 75 31

² Laboratoire de Botanique, Unité de Formation et de Recherche de Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 22 BP 582 Abidjan 22

Mots clés : Agroforêt, cacaoyer, faune, mammifère, conservation

Key words: Agroforest, cacao, wildlife, mammal, conservation

1 RÉSUMÉ

En Côte d'Ivoire, la pratique de la cacao-culture est faite par un système extensif sur brûlis, facteur de déforestation et de perte d'habitat pour la faune sauvage. Cependant, dans certaines régions du pays comme celle de Toumodi, les paysans utilisent depuis longtemps un système cultural associant les cacaoyers à des plantes et autres cultures. Si des études sont effectuées sur la composition floristique de ce système agroforestier, très peu d'information est disponible sur la faune en général et sur les Mammifères en particulier. Pour pallier ce déficit, cette étude a été menée pour identifier les espèces de mammifères qu'on peut rencontrer dans les agroforêts à cacaoyers de la région de Toumodi. Elle a consisté à mener une enquête auprès des planteurs pour avoir une idée générale sur les Mammifères existants ou ayant existé dans la région d'une part et d'autre part, à effectuer des prospections pédestres dans les plantations pour confirmer ou infirmer les informations recueillies lors de l'enquête. De ces investigations, il ressort que cette région abrite encore 14 espèces de Mammifères regroupées en 6 ordres (*Rodentia*, *Chiroptera*, *Lagomorpha*, *Artiodactyla*, *Carnivora* et *Ungulata*). Ces ordres sont représentatifs des grands ordres de Mammifères dans les zones bien conservées du pays. L'agroforesterie pourrait donc contribuer à la conservation de la faune, en particulier la faune mammalienne.

ABSTRACT

In Côte d'Ivoire, the practice of cocoa-cultivation is done by an extensive slash-and-burn system, a factor of deforestation and habitat loss for wildlife. However, in some areas of the country, such as Toumodi, peasants have longtime used a cultural system that combines cacao plants and other crops. Some studies were done on the floristic composition of this agroforestry system, but little information is available on fauna and on mammals in particular. This study was conducted to identify the mammal species that can be found in cocoa agroforests in Toumodi region. A survey was conducted among farmers to get a general idea of the mammals existing or having existed in the region on the one hand and, and, to carry out pedestrian surveys in the plantations to confirm or refute the information collected. during the interviews. From these investigations, it appears that this region still hosts 14 species of mammals grouped into 6 orders (*Rodentia*, *Chiroptera*, *Lagomorpha*, *Artiodactyla*, *Carnivora* and *Ungulata*). These orders are representative of the large orders of mammals in well-preserved areas of the country. Agroforestry could therefore contribute to the conservation of wildlife, especially mammalian fauna.



Facteurs permettant d'améliorer la réussite au greffage des clones GT1 et PB217 d'*Hevea brasiliensis* (H.B.K.) (Muell.Arg) dans les conditions climatiques du nord Gabon.

Ondo Ovono Paul^{1*}, Kebangoye Held-Stéphane¹, Medza Mve Samson¹ Daudet, Nguema Ndoutoumou Pamphile^{1,2}, Kevers Claire³, Dommes Jacques³.

¹Université des Sciences et Techniques de Masuku. Unité de Recherche en Agrobiologie. Institut National Supérieur d'Agronomie et de Biotechnologies. Laboratoire de biodiversité, B.P. 941 Franceville (Gabon). Tel. +241 07 23 70 61 / +241 07 77 92 12.

²Centre National de la Recherche Scientifique et Technologique. Institut de Recherches Agronomiques et Forestières. Département de Phytotechnie. Laboratoire de Biotechnologies végétales. B.P. 2246 Libreville (Gabon). Tél. +24106035460. Email : npamph@gmail.com

³Plant Molecular Biology and Biotechnology Unit, B-22, University of Liège, Sart Tilman, Chemin de la Vallée 4, 4000 Liège, Belgique.

Correspondance courriel : ovonofils@gmail.com

Key words: *Hevea brasiliensis*, clone GT1 and PB 217, grafting, climate, Gabon.

Mots clés : *Hevea brasiliensis*, clone GT1 et PB217, greffage, climat, Gabon.

1 RESUME

Ce travail a été entrepris en 2013, dans la pépinière de Batouri, afin de déterminer les principaux facteurs qui influencent la réussite d'une greffe chez *Hevea brasiliensis*, dans les conditions climatiques du nord Gabon. L'étude a été menée par dix greffeurs, pendant quatre mois (Juin-Septembre) selon un dispositif factoriel comportant 4 traitements et 4 répétitions. Deux clones d'hévéa (GT1 et PB 217) ont été utilisés avec deux modes de repiquage des porte-greffes : en sacs de polyéthylène et en plein sol. Les mesures ont concerné le nombre de greffes réussies et le taux de réussite au greffage, par clones et par mode de repiquage, la période du greffage et l'origine du bois de greffe. Les résultats de l'essai ont montré que, sur le nombre des greffes réussies et le taux de réussite au greffage par clones, par mode de repiquage et par mois, il existe des différences hautement significatives ($P < 0,0001$) au seuil de 5%. Le taux de réussite au greffage est de 57,1% pour le clone GT1 contre 40,9% pour le clone PB217. Sur le mode de repiquage, la pépinière en sac de polyéthylène donne les meilleurs résultats 57,2% contre 40,8% pour la pépinière en plein sol. Sur la période de greffage, les résultats les plus intéressants sont obtenus au mois de septembre. L'origine du bois de greffe a aussi un effet hautement significatif ($P < 0,0001$). Ainsi, le bois de greffe issu du jardin à bois d'Olam Rubber donne de meilleurs résultats. Une interaction significative Clone * Pépinière, Clone * Mois a été également déterminée au seuil de 5%. Les résultats montrent également que la technicité des greffeurs n'a aucune influence sur les rendements obtenus quel que soit le mode de repiquage de porte-greffe.

ABSTRACT

Factors to improve graft success of clones GT1 and PB 217 of *Hevea brasiliensis* (H.B.K) Muell. Arg in the climatic conditions of northern Gabon.

This work was undertaken in 2013, at the nursery in Baturi, to determine the main factors that influence the success of *Hevea brasiliensis* transplant in climatic conditions in northern Gabon. The study was conducted by ten grafters, during four months (June- September) according to a factorial device comprising 4 treatments and 4 replications. Two rubber clones (GT1 and PB 217) were used with two methods of rootstocks transplanting: in polyethylene bags and in the ground. Assessed parameters were the number of successful transplants and the graft success rate, by clones and by transplanting method, the grafting period and the origin of grafting wood. The results of the trial showed that, on the number of successful grafts and the clone graft success rate, by clones, by grafting method and by month, there are highly significant differences ($P < 0.0001$) at the threshold of 5%. As for the success rate, the clone GT1 gives better results (57.1%) compared to the clone PB 217 (40.9%). Transplanting into a polyethylene bag is better (57.2%) compared to the nursery in the ground (40.8%). Over the grafting period, the good results are obtained in September. The origin of the graft wood also had a highly significant effect ($P < 0.0001$) at the threshold 5% with the grafted wood from the Olam Rubber graft garden giving better results. A significant interaction clone*seedbed, clone*month was also determined at the 5% level. The results also show that the technicality of the grafters has no influence on the outputs obtained regardless of the method of rootstock transplanting.

2 INTRODUCTION

Hevea brasiliensis est une espèce du genre *Hevea* appartenant à la famille des *Euphorbiaceae* qui se multiplie par voie végétative (Compagnon, 1986). Il regroupe des espèces herbacées et ligneuses caractérisées par la présence abondante de latex dans le phloème de leurs tiges et feuilles. Parmi tous les représentants (6000 espèces), nous retrouvons notamment le ricin (*Ricinus communis*) et le manioc (*Manihot esculenta*). Les Euphorbiacées sont réparties dans les zones tempérées et tropicales (Dusotoit-Coucaud, 2009). L'hévéaculture est aujourd'hui très développée dans le monde car elle représente la seule source de caoutchouc naturel commercialement exploitée. Plus de 90% du poids sec du latex d'hévéa est constitué de caoutchouc. De ce fait, cette culture revêt un fort impact socio-économique mondial. La production mondiale de caoutchouc naturel s'est élevée à 11,9 milliards de tonnes en 2015 (SIPH, 2017). La majorité de la production mondiale de caoutchouc est actuellement assurée par le continent asiatique : celui-ci détient 93% de la

production totale avec la Thaïlande au premier rang (SIPH, 2017). Le reste de la production est assuré par l'Afrique pour 5% et l'Amérique Latine pour 2% (Dusotoit-Coucaud, 2009). D'un point de vue social, l'hévéa joue également un rôle très important. En effet, l'hévéaculture génère de nombreux emplois notamment dans les pays en voie de développement (Asie, Afrique) et parfois même à la base de la vie de toute une région. De plus les plantations en zones généralement isolées, permettent le maintien des populations locales en milieu rural et leur assurent un accès à la formation, la scolarité et la santé. C'est ainsi qu'en 1991, le Gabon est devenu producteur de caoutchouc grâce à la société de développement de l'hévéaculture au Gabon (HEVEGAB) qui deviendra, après privatisation la Société d'Investissement pour l'Agriculture au Gabon SIAT Gabon (Ndoutoume Ndong, 2007). Avec une production annuelle de 22.000 tonnes de caoutchouc sec, la production du Gabon reste en dessous de nombreux pays africains comme la Côte d'Ivoire avec 143 000 tonnes et le



Cameroun avec 40 100 tonnes (FAO, 2009). La culture industrielle de l'hévéa connaît une vive convoitise dans le monde. En 2012, le groupe singapourien Olam Rubber et le gouvernement Gabonais ont conclu un accord prévoyant un investissement de 91,5 milliards de francs CFA soit 183 millions de dollars, dans le développement d'une plantation d'hévéa et la construction d'une usine de transformation à Bitam. Ce nouveau projet est une coentreprise détenue à 80% par le singapourien et à 20% par l'État gabonais. La plantation a démarré en 2013 dans la zone de Batouri, sur une superficie de 28 000 hectares qui sera portée à 50.000 hectares dans la seconde phase. Depuis son implantation en 2012, 3570 ha de plantation et 32,48 ha de pépinière ont été mis en place. La direction de l'entreprise indique que la plantation d'hévéa de Batouri connaît une évolution rapide. Car, poursuit le directeur général, quatre ans après la mise en terre des premiers plants, Olam se trouve au-dessus des normes de croissance. Aussi entend-il bientôt entamer la phase de saignée, une grande partie des arbres ayant déjà atteint 50 centimètres de circonférence (Infos Gabon, 2017). La première récolte du caoutchouc est prévue pour 2018 grâce aux 7493 hectares d'hévéa plantés depuis le lancement du projet, avec un objectif de production de 62.000 tonnes par an. L'usine de transformation du latex naturel quant à elle aura une capacité quotidienne de 225 tonnes (Ballong, 2012). Cet essor remarquable a été possible grâce à l'appui de la recherche qui a proposé des clones adaptés aux conditions climatiques du Gabon. Des génotypes élités préalablement sélectionnés pour leurs qualités ont été multipliés par greffage de bourgeons sur des

porte-greffes. Ils sont conservés dans des jardins à bois qui servent à la production de nouveaux greffons, pour l'implantation de nouvelles plantations (Dusotoit-Coucaud, 2009). Le greffage, seule méthode de propagation disponible pour l'établissement des plantations d'hévéa, en dehors de la culture *in vitro* (Dibi, 2004 ; Dibi *et al.*, 2010 ; Masson, 2017a), conduit à une certaine hétérogénéité intra clonale et à une diminution de la production de caoutchouc par rapport à l'arbre mère sélectionné (Dibi *et al.*, 2010 ; Masson, 2017a). A « Olam Rubber », plus particulièrement sur le site de Batouri, cette activité occupe une place primordiale dans la production du matériel végétal pour le projet, dans la région. Cependant, le taux de réussite des greffes effectuées est très faible par rapport à la norme standard et cela coûte très cher à l'entreprise. Plusieurs hypothèses ont été émises parmi lesquelles, le problème de technicité des greffeurs, la mauvaise qualité du matériel végétal et l'adaptation du matériel végétal au milieu. Un jardin à bois de greffe (JBG) d'hévéa est mis en place. C'est une collection de clones conduits en vue de fournir les greffons qui seront greffés sur les plants en pépinière, afin de mettre au point des techniques de production du matériel végétal homogène et de haut potentiel génétique pour satisfaire les besoins de la recherche et ceux du développement au sein de l'entreprise Olam Rubber à Bitam. Le présent document se propose de faire une étude des principaux facteurs qui ont une influence sur le taux de réussite d'une greffe en hévéaculture à Batouri et d'établir une hypothèse sur les causes éventuelles de non réussite de la greffe.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Zone d'étude : Cette étude a été menée sur le site Batouri, situé à 34 km de la ville de Bitam, entre le département du Ntem dont le chef-lieu est Bitam et le département du Haut Ntem qui a pour chef-lieu Minvoul, dans le Nord du Gabon, (en Afrique Centrale). Les coordonnées géographiques du site sont : longitude Est 11°73 et latitude Nord 2°12 (Olam

Rubber Bitam, 2013). Le climat du Woleu- Ntem en général et celui de Bitam en particulier est de type équatorial marqué par deux saisons de pluies et deux saisons sèches : une grande saison sèche de Juin à Septembre et une moins prononcée de Décembre à Février. La petite saison de pluie va de Mars à Mai et la grande saison de pluie va de mi- Septembre à mi- Novembre. Le département



du Ntem reçoit en moyenne entre 2100 mm et 1600 mm de pluie par an (1770 mm à Bitam) et la température moyenne est de 22°C. La classification de Köppen–Geiger est de type Am. En moyenne, la température à Bitam est de 24.1°C (ASECNA, Bitam, 2013). La forêt dense humide sempervirente couvre la majeure partie de la surface provinciale. Cependant dans les zones habitées le long des axes de communication, on note la présence de plantations, jachères, brousses et forêts secondaires. Les sols de Batouri sont formés sur des roches métamorphiques acides. Ils sont ferrallitiques et fortement désaturés avec une texture argileuse et un horizon humifère peu épais. Il présente de bonnes qualités physiques et une capacité de rétention en eau qui conviennent à la culture de *Hevea brasiliensis* (Abaga, 2003).

3.2 Matériel végétal : Le matériel végétal est constitué de 2 clones d'*Hevea brasiliensis* (GT1 et PB 217). Ces clones sont originaires de la Malaisie. Ils sont cultivés au Gabon et dans d'autres pays aussi bien dans les plantations industrielles que villageoises (Okoma *et al.*, 2009). Les deux clones proviennent, soit des anciennes plantations (Mitzic, Bitam et de Kango), soit de la société CDC (Cameroon Development Corporation) qui a fourni le bois de greffe durant la première phase jusqu'au mois de juillet 2013. La Société d'Investissement pour l'Agriculture au Gabon (SIAT) Bitam et Mitziic ont fourni le bois

de greffe de juillet en mi-août 2013 ; le Jardin à Bois de Greffe d'Olam Rubber est rentré en exploitation en Août 2013 jusqu'à épuisement des parcelles. Les deux clones, qui servaient de porte-greffe pour l'essai ont été choisis en fonction des résultats des tests de germination et de la disponibilité des semences récoltées. De plus ils ont été choisis pour leur appartenance respective aux classes de clones à activité métabolique intermédiaire et lente. Ils sont caractérisés par un écoulement plus facile et une production moyenne (Dusotoit-Coucaud, 2009 ; Traore *et al.*, 2011). Ainsi la connaissance du type d'activité métabolique d'un clone s'avère indispensable pour l'exploitation optimale.

3.3 Méthodologie

3.3.1 Dispositif expérimental (Figure 1) : Un essai mode de greffage a été réalisé en 2013, selon un dispositif factoriel comportant 4 traitements, 2 sous-traitements et 4 répétitions, sur le site de Batouri, à Bitam au Nord du Gabon. L'essai comptait deux facteurs : le type de clone (C) et le mode de repiquage des porte-greffes (R). Le facteur type de clone comptait deux traitements : C_1 = Clone GT1, C_2 = Clone PB 217 ; combiné factoriellement avec deux modes de repiquage des porte-greffes : R_1 = Repiquage en sac (sachet polyéthylène) et R_2 = Repiquage en terre ce qui donne les quatre (4) traitements suivants : C_1R_1 , C_1R_2 , C_2R_1 , C_2R_2 .

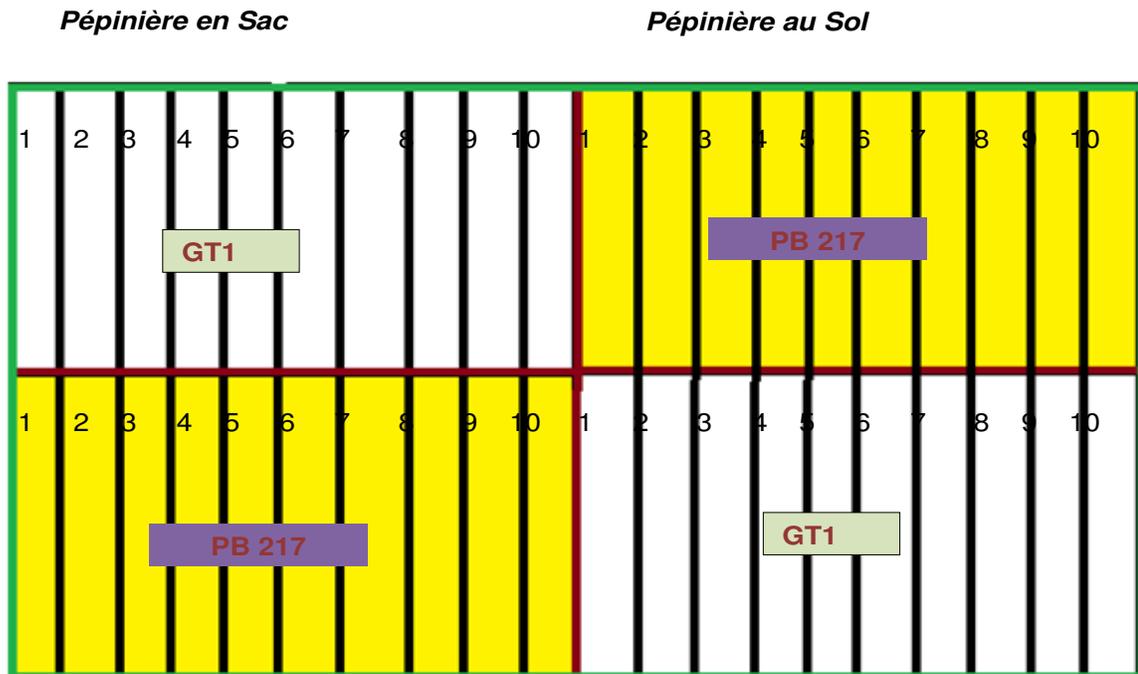


Figure 1 : Dispositif expérimental : Nombre de greffeurs=10 ; Nombre de clones=2 ; Nombre de greffes par greffeur=30 ; Répétitions=4 (4 mois) ; Type de pépinière =2

3.3.2 Parcelle expérimentale et dimension :

Le dispositif a été réalisé sur un milieu non contrôlé en utilisant les parcelles de la société (figure 1) qui est la base de chaque condition. La parcelle expérimentale était constituée de 10 lignes comportant 30 plants chacune. Dix greffeurs sont utilisés pour effectuer les 30 greffes par clones et par mode de repiquage du porte-greffe soit un total de 300 greffes par parcelles et 120 greffes posés par greffeur et par

répétition. Les dimensions des parcelles sont les suivantes :

3.3.2.1 Pépinière de plein sol (figure 2) : la longueur moyenne de la pépinière est de 15 m et la largeur moyenne est de 0,7 m ; l'écartement entre les plants est de 0,10 m ; l'écartement entre les lignes d'une jauge est de 0,30 m. Le nombre de plants sur une ligne est de $15\text{m}/0,10\text{m} = 150$ plants. Le nombre de plants par Jauge est de $2 \times 150 \text{ plants} = 300$ plants (une jauge compte 2 lignes).



Figure 2 : Pépinière de plein sol

3.3.2.2 Pépinière en sacs de polyéthylène (figure 3) : les sacs de dimensions 40 cm x 25 cm mesurés à plat sont rangés en double lignes de 30 cm de large, dans des jauges de 30 cm de largeur, 25 cm de profondeur. La longueur moyenne de la jauge est de 15 m, correspondant à la largeur de la parcelle ; alors que la longueur de la parcelle est de 100 m. La surface de la parcelle (100 m x 15 m) est de 1.500

m² soit 0,15ha. Le nombre de parcelles par hectare est 6. La largeur de la jauge est de 0,7 m. Le diamètre du sac varie de 0,10 à 0,20 m. Le nombre de sacs par jauge varie de 250-305 plants (une jauge compte 2 rangées de sacs). Le nombre de jauges par parcelle varie entre 86- 100 jauges, avec un maximum de 100 jauges. Dans les conditions de notre étude nous considérons une moyenne de 88 jauges.



Figure 3 : Pépinière en sac de polyéthylène



Le nombre de plants par parcelle est $300 \text{ plants} \times 88 = 26\,400$ plants. Le nombre de plants à l'hectare est de $26.400 \text{ plants} \times 6 = 158.400$ plants.

3.3.3 Mode opératoire du greffage : Le greffage en écusson a été utilisé à cause de son exécution facile. Après la distribution du bois de greffe en provenance du JBG, on commence le greffage par la sélection de bons porte-greffes. Ce sont des plants sains de diamètre supérieur à 10 mm à 6 mois. On effeuille ensuite les porte-greffes pour permettre une bonne aération de la pépinière. Après cette opération, on nettoie le couteau de greffage et le plant à l'aide du chiffon pour tracer avec le couteau deux verticales opposées au-dessus du collet jusqu'à une hauteur de 10 cm. On essuie le latex qui s'écoule des entailles verticales, on fait une section transversale reliant les deux verticales au niveau des parties supérieures. On décolle l'écorce du plant du haut vers le bas et on la sectionne de sorte à laisser apparaître une fenêtre (traçage et décollage du porte-greffe). On prélève le greffon du bois de greffe ensuite on ajuste et décolle le greffon. Il faut toujours vérifier que l'œil est présent et n'est pas blessé (le prélèvement et le décollage). Enfin, on insère le greffon dans la fenêtre et on fait une ligature étanche avec la bande de greffage en commençant à la base de la fenêtre (le bandage ou emmaillotage). Le greffage sur les parcelles qui ont servi à notre expérimentation a été effectué entre Juin et Septembre 2013. Le contrôle a lieu chaque semaine après le greffage et le débandage, celui-ci a lieu 21 jours après le greffage. Le dernier contrôle a lieu 10 jours après le débandage. Les plants issus de la pépinière en sol sont arrachés

pour faire des stumps (plants à racine nue) alors que ceux issus de la pépinière en sac subissent le recepage de la partie supérieure pour être transplantés directement en champ. La qualité des plants préparés en sacs est supérieure à celle des plants provenant des pépinières de plein champ et permet la réalisation des plantations homogènes.

3.3.4 Entretien des plants : A l'aide du système d'irrigation par aspersion les plants sont arrosés de façon discontinue ; deux fois par jour en saison sèche et une fois par jour en saison de pluie pendant 30 minutes. Le débit d'arrosage par ha est de 66L/min. Le tuyau a une longueur de 50 m et est connecté à une rampe qui porte 10 tuyaux. Chaque rampe est contrôlée par une vanne pour arroser 0,5 ha divisé en trois blocs. Les plants sont fertilisés uniquement avec du NPK (20-10-10) à la dose de 5 g/plant une fois par mois pendant la période de croissance. Chaque mois on effectue un traitement fongicide de la parcelle au sulfure de 5 g/plant, afin de combattre les maladies foliaires.

3.4 Observations et expression des résultats : Les observations ont été faites tous les mois au niveau des deux pépinières et ont porté sur le nombre total de greffes réussies et sur le taux de réussite pendant quatre mois (de Juin à Septembre).

3.5 Analyse des données : L'Analyse de Variance (ANOVA) a été faite sur le nombre de greffes réussies et sur le taux de réussite au greffage au moyen du logiciel XLSTAT et la séparation des moyennes à l'aide du test Student Newman Keuls lorsque la différence entre les moyennes était significative au seuil de 5%.

4 RESULTATS

4.1 Nombre des greffes réussies et taux de réussite au greffage

4.1.1 **Effet du clone :** L'analyse statistique de l'effet des deux clones GT1 et PB217 sur le nombre de greffes réussies (tableau 1) indique des

différences hautement significatives ($P < 0,0001$) au seuil de 5%. Le clone GT1 se comporte mieux avec une moyenne de 17 greffes réussies par rapport au clone PB217 ou on enregistre une moyenne de 13 greffes réussies par greffeur.



Tableau 1 : Effet du clone et du mode de repiquage sur le nombre de greffes réussies et le taux de réussite

Modalités	Nombre moyen de greffes réussies par greffeur (/30)	Taux de réussites (%)
Clone GT1	17a	57,13 ±13,59a
Clone PB 217	13b	40,88±7,99b
Repiquage en sac	17a	57,17±11,51a
Repiquage en sol	14b	40,83±10,71b

Les valeurs suivies de la même lettre dans une même colonne et pour un même paramètre ne sont pas significativement différentes selon le test Student Newman Keuls.

Le taux de réussite au greffage par clone (tableau 1) montre que le clone GT1 a un taux de réussite supérieur au clone PB217. Les différences sont hautement significatives ($P < 0,0001$) au seuil de 5%.

4.1.2 Effet du mode de repiquage : L'analyse statistique de l'effet du mode de repiquage sur le nombre des greffes réussies présente également des différences hautement significatives ($P < 0,0001$) au seuil de 5% (tableau. 1). La pépinière en sac de polyéthylène offre un nombre de greffes réussies supérieur à la pépinière de plein sol (17 greffes réussies en sac

contre 14 en sol). Le taux de réussite y est plus élevé (57,16% contre 40,83%).

4.1.3 Effet du mois de réalisation de la greffe : Le tableau 2 présente l'évolution du nombre de greffes réussies en fonction des mois. L'évolution est progressive en fonction du mois. C'est pendant le mois de septembre qu'on obtient les meilleurs résultats (23 greffes réussies en moyenne par greffeur/75% de réussite). Il est suivi du mois d'août avec une moyenne de 18 greffes réussies/58% de greffes réussies.

Tableau 2 : Effet du mois du greffage sur le nombre de greffes réussies et le taux de réussite

Mois	Nombre moyen de greffes réussies par greffeur (/30)	Taux de réussites (%)
Juin	9c	29,50±9,87c
Juillet	10c	33,33±24,42c
Août	18b	58,00±17,02b
Septembre	23a	75,17±8,69a

Les valeurs suivies de la même lettre dans une même colonne et pour un même paramètre ne sont pas significativement différentes selon le test Student Newman Keuls.

L'analyse statistique des résultats obtenus révèle l'existence d'une différence hautement significative ($P < 0,0001$) au seuil de 5%. Les mois de juin et juillet sont ceux qui présentent en moyenne les plus faibles résultats. L'analyse statistique ne décèle aucune différence significative entre ces 2 mois. Le nombre de greffes réussies en moyenne par mois est respectivement de 9 (30% de réussite) pour le mois de juin et de 10 (33% de réussite) pour le mois de juillet.

4.1.3 Effet du greffeur : L'analyse de variance au seuil de 5% indique qu'il n'existe pas de différences significatives entre les dix (10) greffeurs ($P=0,523$) sur le nombre de greffes réussies et le taux de réussite durant les quatre (4) mois (figure 4). Toutefois, le nombre moyen de greffes réussies varie de 16 à 13 greffes respectivement pour les greffeurs G1 et G4 et le taux de réussite de 43 % pour le greffeur G4 à 55 % pour le greffeur G1 (figure 4).



Figure 4 : Effet du greffeur (moyenne sur les 4 mois de l'expérience ci-dessus) sur le taux de réussite (%).

4.1.4 Effet de l'origine du clone : Le bois de greffe utilisé par la société Olam Rubber est d'origine diverse. La figure 5 présente le nombre moyen de greffes réussies en fonction de l'origine

du bois. L'analyse statistique a révélé des différences hautement significatives au seuil de 5% ($P < 0,0001$).

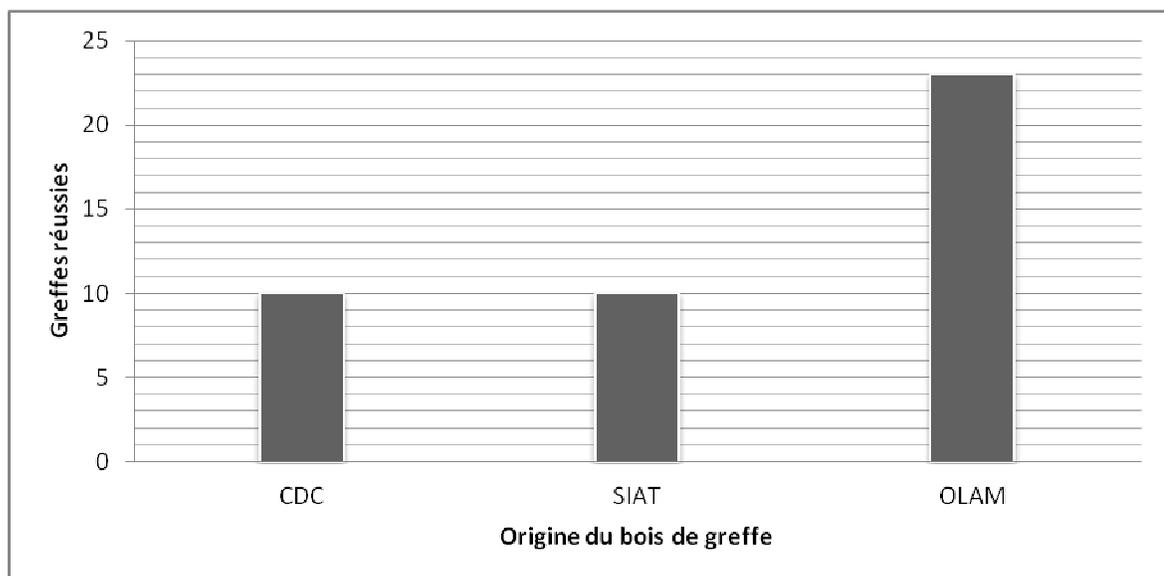


Figure 5 : Nombre moyen de greffes réussies (sur 30) en fonction de l'origine du bois de greffe.

Le nombre moyen de greffes réussies varie de 10 pour le bois de greffe en provenance de la CDC et de SIAT Gabon, à 23 pour OLAM. C'est le bois d'OLAM qui donne les meilleurs résultats au greffage. L'analyse statistique montre qu'il existe

une différence significative entre le bois de greffe issu d'OLAM et ceux de la CDC et de SIAT Gabon. Aucune différence significative n'a été décelée entre le bois de greffe issu de la CDC et celui de SIAT Gabon.

4.2.1 Interactions entre les paramètres étudiés : L'effet des clones, du mode de repiquage, du mois sur le nombre de greffes réussies a révélé des différences hautement significatives entre les traitements. Nous nous proposons alors de calculer l'interaction entre les différents facteurs de variation : Clones*Pépinières ; Clones*Mois et Clones*Greffeurs. Comme les moyennes de traitement, les interactions sont soumises à des tests de signification.

4.2.2 Interactions Clones*Pépinières : L'analyse de variance au seuil de 5% montre que l'interaction entre Clones et Pépinières est significative ($P=0,002$). Si nous considérons les deux clones (GT1 et PB217), la réussite du greffage est toujours supérieure lors de la culture en sac. Les meilleurs résultats sont obtenus en pépinière de sac polyéthylène avec le clone GT1 avec une moyenne de réussite de 20 greffes réussies, contre 15 greffes pour le clone PB217. En pépinière de plein sol, on enregistre une moyenne de 15 greffes réussies pour le clone GT1 contre 10 greffes réussies pour le clone PB217. Lorsqu'on considère le taux de réussite, l'analyse de variance montre qu'effectivement il y a interaction. Elle est hautement significative au seuil de 5% ($P=0,002$). Les taux moyens varient entre ($34,41\% \pm 5,00$) et ($67,00\% \pm 6,90$) pour l'interaction clone PB217*Pépinière sol et clone GT1*Pépinière sac. On note cependant, que l'interaction entre le clone GT1*Pépinière de sac ($67,00\% \pm 6,90$) diffère de l'interaction clone PB217*Pépinière sac et l'interaction clone GT1*Pépinière sol ; il en est de même pour l'interaction clone PB217*Pépinière en sol. Il n'y a pas de différence significative entre l'interaction clone PB217*Pépinière en sac et clone GT1*Pépinière de plein sol.

4.2.3 Interactions Clones*Mois : L'analyse de variance au seuil de 5% montre que l'interaction est significative ($P<0,001$). Les meilleurs résultats sont obtenus au mois de septembre, avec le clone GT1 soit un nombre moyen de 24 greffes réussies contre 21 greffes réussies pour le clone PB217. Au mois d'août, avec le clone GT1, on obtient 19 greffes réussies contre 16 greffes

réussies pour le clone PB217. Au mois de juillet et juin, on note une grande différence entre le nombre de greffes réussies pour le GT1 (15 en juillet) et le nombre de greffes réussies pour le clone PB217 (4 en juillet). Les résultats obtenus avec le clone GT1 sont toujours supérieurs à ceux du clone PB217. L'analyse de variance au seuil de probabilité de 5% révèle que l'interaction est hautement significative ($P=0,001$). Le taux de réussite varie de 15,83% ($\pm 6,33$) pour le clone PB217 au mois de juillet, à 80,50% ($\pm 10,61$) pour le clone GT1 au mois de septembre. Cette interaction est significativement différente de toutes les autres interactions. L'interaction clone PB217*Mois d'août ne diffère pas du clone GT1*Mois de juillet. L'interaction clone GT1*Mois de juin diffère de PB217*Mois de juin. Par contre il n'y a pas de différences significatives entre l'interaction PB217*Mois de juin et PB217*Mois de juillet.

4.2.4 Interactions Clone*Origine : L'analyse statistique des données sur l'interaction clone*origine a révélé des différences très importantes au seuil de 5% ($P<0,0001$). Il ressort de l'étude que, quelle que soit l'origine du bois de greffe, celui d'OLAM donne de meilleurs résultats par rapport aux deux autres sources. Pour le clone GT1, il existe des différences hautement significatives entre le bois de greffe d'OLAM, et ceux de la CDC et de SIAT. Cependant, entre ces deux dernières sociétés, il n'y a pas de différences significatives. Le clone GT1 est mieux adapté au greffage. Pour le clone PB217, le bois de greffe d'OLAM serait également intéressant, toutefois on pourrait aussi utiliser le bois de greffe en provenance de la CDC.

4.2.5 Interactions origine*mode de repiquage du porte greffe : L'analyse statistique des données sur l'interaction entre l'origine du bois de greffe et le mode de repiquage du porte-greffe a révélé des différences significatives au seuil de 5% ($P=0,006$). Quel que soit le mode de repiquage du porte-greffe, le bois de greffe issu d'OLAM offre de meilleurs résultats. Pour la pépinière en sac de polyéthylène comme pour la pépinière de plein sol, il existe des différences



hautement significatives entre le bois de greffe d'OLAM et celui issu de la CDC et de SIAT. Cependant, entre les deux dernières sociétés, il n'y a pas de différences significatives. Le mode de

repiquage le mieux adapté au greffage pour le bois de greffe en provenance de SIAT est le sac tandis que pour celui en provenance de CDC c'est la pépinière de sol.

5 DISCUSSION

5.1 Effet de la saison pluvieuse sur le nombre de greffes réussies : L'intérêt que revêt la multiplication végétative est évident dès que l'on désire multiplier rapidement et avec certitude un sujet élite présentant de hautes potentialités de rendements et d'autres caractéristiques susceptibles d'augmenter la rentabilité de la culture (Hammasselbé, 2005). Sous climat tropical, la réussite au greffage dépend des espèces végétales, des conditions du milieu de production des plants et de la technicité disponible. Notre étude a montré que, le greffage est mieux indiqué en août et septembre. Cette période correspond, au retour des pluies dans la zone d'étude. En effet, dans les pays tropicaux, l'élément climatique précipitation, régule la vie des populations et leur activité. L'abondance de la pluviométrie et sa répartition temporelle déterminent non seulement la physionomie d'un système de culture, mais aussi les fluctuations de la production agricole. La hauteur annuelle des pluies et le régime pluviométrique sont des paramètres indispensables pour caractériser un climat d'un lieu. Dans la zone intertropicale, la répartition des pluies règle les saisons, car la température y varie peu. Le climat a une action directe sur les paysages morphologiques des végétaux. La saison sèche, de trois mois (de juin à août), dans le cas de notre étude, est caractérisée par l'extrême faiblesse des précipitations. Ces mois sont sévères sur le plan pluviométrique. Les mauvais résultats obtenus en juin et juillet sont liés à un déficit hydrique dans les parcelles. Cette hypothèse est confirmée par Umar *et al.* (2010), qui montrent qu'en fonction de la qualité des greffes effectuées et du mois du greffage, on obtient un faible taux de réussite au greffage pendant la saison sèche au Nigeria. Delabarre et Serier (1995) préconisent de ne jamais greffer pendant la saison sèche. Il est nécessaire de respecter l'année pluviométrique qui débute au

Gabon au mois de septembre, mois de pré saison, qui annonce la saison des pluies.

5.2 Effet du clone et du mode de repiquage sur le nombre de greffes réussies : L'examen des résultats sur les conditions de réussite du greffage de *Hevea brasiliensis* a permis d'obtenir des résultats significatifs pour certains traitements et non pour d'autres. Par contre, au niveau des greffeurs, l'étude ne décèle pas de différences significatives entre eux. Les clones GT1 et PB217 n'ont pas fourni les mêmes performances dans les deux modes de repiquage de porte-greffes. Le nombre de greffes réussies et les taux de réussite les plus élevés ont été offerts par le clone GT1 dans les deux modes de repiquage. En effet, le clone GT1 originaire de Goundang Tapen (Malaisie) est d'introduction récente au Gabon. Il est adapté aux sols ferrallitiques gabonais (Ndoutoume Ndong, 2007). Il est le seul clone réclamé par les planteurs villageois pour lesquels il est synonyme de sécurité. Son taux de réussite au greffage est excellent. La couronne est peu couvrante. Ce clone a joué un rôle important en hévéaculture, mais ses performances représentent maintenant un niveau minimum. C'est le standard d'évaluation des autres clones (Dusotoit-Coucaud, 2009). Il est donc vivement recommandé de procéder à une association de clones lors de la mise en place de nouvelles plantations ou des extensions afin de minimiser les coûts liés à l'entretien de la pépinière au Gabon (Ndoutoume Ndong, 2007). Le GT1 fournit en Côte d'Ivoire une production cumulée à 27 ans de 37000 kg/ha (Lacote, 2010). Le clone PB217, originaire de Prang Besar (Malaisie), est le clone le plus productif à long terme (Obouayeba *et al.*, 1996). Il est toutefois indispensable pour exprimer son potentiel de stimuler assez intensément son activité laticifère. Il faut donc employer les traitements à l'éthéphon, d'une



manière suffisamment intense pour ne pas sous-exploiter les arbres (Obouayeba *et al.*, 1996). L'appartenance de ce dernier à une typologie caractérisée par un système à métabolisme relativement lent, peu sensible à l'encoche sèche et à fort potentiel de production (Gohet *et al.*, 1991 ; Obouayeba *et al.*, 1996 ; Dibi *et al.*, 2009), est prise en considération. Ces résultats sont confirmés par les travaux de Umar *et al.* (2010). En effet, les auteurs ont montré que le clone GT1 donnait de meilleurs résultats sur une période de dix ans. Car, sur le plan physiologique, le GT1 est un clone primaire. Il est naturellement caractérisé par un excellent taux de réussite au greffage. De même, Moussa *et al.* (2010) montrent que le clone GT1 s'adapte mieux à certaines situations que d'autres. Le mode de repiquage des portes greffes a révélé que la pépinière de sac en polyéthylène a fourni un taux de réussite au greffage, supérieur à celui obtenu en pépinière de plein sol. En effet, selon Hammasselbé et Normand (1991), le repiquage en sac de polyéthylène est une méthode classique de production des plants qui présente l'avantage d'une bonne économie de l'eau d'irrigation, d'une meilleure homogénéité de croissance des porte-greffes et d'une gestion plus rationnelle de la pépinière. Par contre, Sizaret (1991) affirme que ce mode de repiquage a l'inconvénient d'un mauvais développement des plants. Ces derniers sont plus susceptibles au stress hydrique que les plants repiqués en terre. Cette dernière assertion est soutenue par Compagnon (1986), qui démontre que le repiquage en sac de polyéthylène comporte un inconvénient majeur : la déformation du système racinaire. Celui-ci peut induire d'irréversibles défauts de l'appareil racinaire pouvant avoir des conséquences sur le développement des arbres à long terme. Il affirme aussi que le repiquage de plein sol permet d'obtenir des plants à croissance vigoureuse et offre la meilleure homogénéité possible. La production de matériel végétal amélioré est une activité généralement spécialisée qui demande technicité, qualité et rigueur, qui ne sont pas toujours à la portée de producteurs peu informés sur les conditions d'une production de qualité

conforme à une garantie de pureté clonale. Pour pallier cette carence sur le terrain et à l'indisponibilité chronique de matériel végétal clonal, en particulier à Olam Rubber, un programme de création de matériel végétal clonal par les producteurs eux-mêmes est nécessaire.

5.3 Effet de l'origine du bois de greffe : Si les semis constituent la solution la plus immédiate et la plus économique pour produire des hévéas, ceux-ci se révèlent très hétérogènes quant à la vigueur et la productivité en latex (Masson, 2017b). L'intérêt des clones pour remédier à cette hétérogénéité était déjà perçu, mais les difficultés d'enracinement des pousses d'hévéas ont favorisé le greffage comme technique de clonage alternative. Cette situation est malgré tout susceptible de changer radicalement avec la mise au point de nouvelles techniques de pépinière permettant de bouturer en quantité n'importe quel clone d'hévéa sélectionné. Le choix du porte greffe est un élément important de la réussite de la greffe. Un clone greffé sur une de ses propres graines ne bénéficie pas d'un effet positif. Certaines graines clonales utilisées comme porte greffe peuvent même déprimer le potentiel de production d'un clone. Mais chaque clone réagit différemment selon le porte greffe. Actuellement le GT1 reste considéré comme le meilleur porte greffe. Mais en absence de graines de GT1 les pépiniéristes prennent généralement des graines d'origines diverses (Penot, 2001). Il est alors conseillé pour des raisons agronomiques de sélectionner en pépinière les portes greffes les plus vigoureux pour assurer un bon développement végétatif ultérieur (Masson, 2017b). Si les meilleurs résultats sont obtenus par le bois de greffe en provenance d'Olam Rubber, cette situation s'explique d'une part, par la proximité du greffeur de son lieu de travail et du jardin à bois de greffe, d'autre part, le fait que le bois est coupé le jour même du greffage. Alors que le bois en provenance d'autres localités parcourt de longues distances avant d'arriver à destination. Certains véhicules mettent 5 à 7 jours avant d'arriver sur le site de Batouri. Delabarre et Serier (1995) et Jannot (2012), recommandent de greffer le bois de greffe immédiatement après la



coupe du bois au JBG et de ne jamais le

conserver plus de 48 heures avant la greffe.

6 CONCLUSION

Au regard de ce qui précède, nous comprenons que le greffage est une opération importante dans la multiplication du matériel végétal en hévéaculture. La mise en place d'un projet d'investissement comme celui d'Olam Rubber repose essentiellement sur cette opération. D'énormes quantités de plants sont nécessaires à cette fin. Notre étude a révélé que le nombre de greffes réussies et le taux de réussite au greffage sont influencés de façon différente, par le type de clones, le mode de repiquage des porte-greffes, le mois de greffage, et l'origine du bois de greffe. Le choix du porte greffe est un élément important de la réussite de la greffe. Actuellement le GT1 reste considéré comme le meilleur porte greffe. Mais en absence de graines de GT1 les

pépiniéristes prennent généralement des graines d'origines diverses. Il est alors conseillé pour des raisons agronomiques de sélectionner en pépinière les portes greffes les plus vigoureux pour assurer un bon développement végétatif ultérieur. La mise en place de jardins à bois et une formation locale aux techniques de greffes permettrait de résoudre les deux contraintes principales en hévéaculture : accès à du matériel végétal amélioré via la production de bois de greffes de qualité, de clones sélectionnés et la réduction du coût de production des plants. La culture de l'hévéa à Batouri, en tant que plants greffés est possible, mais nécessite la définition de conditions de culture qui lui sont adaptées afin de prévenir d'éventuels accidents physiologiques.

7 REMERCIEMENTS

L'auteur remercie la Direction d'Olam Rubber pour avoir autorisé le déroulement d'une partie

de l'essai sur le site de Batouri et fourni des appuis techniques et de matériels de plantation.

8 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abaga O : 2003. Études des systèmes d'exploitation à la plantation industrielle de Bitam : cas de deux systèmes : J/4 et J/5. Rapport de stage/INSAB/ Département de phytotechnologie. Page 1-3
- ASECNA Bitam : 2013. Tableaux des précipitations et des températures de la ville de Bitam de 2004-2010.
- Ballong S : 2012. Olam se lance dans l'hévéa. jeuneafrique.com.
- Compagnon P : 1986. *Le caoutchouc naturel*. Paris, France : Coste R. Ed. G. P. Pages 245-337
- Delabarre MA and Serier JB: 1995. «Le Technicien d'Agriculture Tropicale : L'hévéa». Edition Maisonneuve et Larose ; Page 1-189 et 595 pp
- Dibi K: 2004. Évaluation des performances agronomiques des somaplants du clone PB260 d'*Hevea brasiliensis* Muël.Arg. Mémoire de DEA de Physiologie Végétale, option : Agrophysiologie, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 56p.
- Dibi K, Boko C, Obouayeba S, Aby N and Anno AP: 2009. Premières observations sur la maladie des éclatements d'écorce de l'hévéa sur le clone PB260 au Sud-est de la Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosc.*, 23 : 1377-1386.
- Dibi K, Boko C, Obouayeba S, Gnagne M, Dea GB, Carron MP and Anno AP: 2010. Field growth and rubber yield of in vitro micropropagated plants of clones PR 107, IRCA 18 and RRIM 600 of *Hevea brasiliensis* (Muel.Arg). *Agric. Biol. J.N.Am*, 1 : 1291-1298.
- Dusotoit Coucaud A : 2009. Caractérisations physiologique et moléculaire des transporteurs de sucres et de polyols des cellules laticifères chez l'hévéa (*Hevea*



- brasiliensis* (Muël.Arg.), en relation avec la production de latex. Thèse de doctorat, Université Blaise Pascal, France, 344p.
- FAO : 2009. Perspectives monde, www.perspective.com. (page consulté le 09 septembre 2015).
- Gohet E, Lacrotte S, Obouayeba S and Commere J : 1991. Tapping systems recommended in West Africa. In: Rubber groer'conférence, Kuala Lumpur, Malaisie, 22-24 juillet 1991. Kuala Lumpur, Malaisie, Rubber Research Institute of Malaysia, p. 235 -254.
- Hammasselbe A and Normand F: 1991. Fiches techniques agrumes et manguiers, CIRAD/IRAD, (Eds) Garoua Cameroun 10 pages.
- Hammasselbe A: 2005. La multiplication végétative du goyavier (*Psidium guajava* L.) sous climat soudano sahélien du nord Cameroun. *Tropicultura* 23 : 105-109.
- Infos Gabon : 2017. Olam Gabon : Une usine de transformation de latex en projet.
- Jannot C : 2012. Mémento de l'hévéa, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement.
- Lacote R : 2010. Description des clones» Paris, France : Coste R. Ed. G. P. Pages 22-25.
- Masson A : 2017a. Usefulness of *in vitro* micropropagation for establishing plantations of self-rooted *Hevea brasiliensis* industrial clones. In: Proceedings of the Sixth International Symposium on Production and Establishment of Micropropagated Plants. San Remo, Italy, April 19, 2015, ISHS 2017, *Acta Horticulturac*, 1155: 595-598.
- Masson A : 2017b. Rubber tree clonal plantations: grafted s self-rooted plant material. *Bois et forêt des tropiques*, 332 : 57-68.
- Moussa D, Valognes F, Demange AC : 2010. Utilisation d'une méthode multicritère d'aide à la décision pour le choix des clones d'hévéa à planter en Afrique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14 : 299-309
- Ndoutoume Ndong A: 2007. Importance de l'association des clones d'hévéas dans l'amélioration de la production du caoutchouc en plantations industrielles au Gabon. *Tropicultura*, 25 : 66-69.
- Obouayeba S, Boa D and Jacob JL : 1996. Les performances du clone d'hévéa PB 217 en Côte d'Ivoire. *Plantations, recherche, développement*, 3 : 346-353.
- Okoma KM, Dian K, Allou D and Sangare A : 2009. Étude de la sensibilité des clones d'*Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.) à l'encoche sèche. *Sciences & Nature* 6: 17-26.
- Olam Rubber Bitam : 2013. Coordonnées géographiques du site Batouri. Service Cartographie et Topographie.
- Penot ME : 2001. Stratégies paysannes et évolution des savoirs : l'hévéaculture agro-forestière indonésienne. Thèse Soutenue en Novembre 2001, présentée pour obtenir le grade de Docteur de l'université Montpellier I Annexes 140p.
- SIPH: 2017. Société Internationale de Plantations d'Hévéas. La production mondiale de l'hévéa. Leader de la production du caoutchouc naturel en Afrique.
- Sizaret A : 1991. « Techniques de multiplication et de plantation des arbres fruitiers sous climat soudano sahélien ». CIRAD (Eds), 13 pages.
- Traoré MS, Diarrassoua M, Okoma KM, Dick KE, Soumahin EF, Coulibaly LF and Obouayeba S: 2011. Long-term effect of different annual frequencies of ethylene stimulation on rubber productivity of clone GT1 of *Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.) in South East of Côte d'Ivoire. *Agric. Biol. J.N. Am.* 2: 1251-1260.
- Umar HY, Esekhide TU, Idoko SO and Ugwa IK: 2010. Production Analysis of Budded Rubber Stumps in Rubber Research Institute of Nigeria (RRIN)" *J Agri Sci*, 1: 109-113.